AMATEUR ASTRONOMER
中国优秀科普期刊
5
2012年

天文爱好者

金星凌日专辑

金星凌日观测指导
地外生命何所似?
去看超级月亮
中美合作开启新巡天
第七届亚太天文奥赛理论试题答案

ISSN 0493-2285

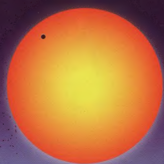

2-352 定价 10元

星特朗太阳观测镜

带您领略五月奇观



2012年6月6日6时10分到12时50分我国大部分地区使用太阳观测镜都能观测到金星凌日。



金星凌日

2012年5月21日在我国广西、广东、江西、福建、浙江、台湾可以观测到日环食，其他地区均可观测到日偏食。

2012年5月21日日环食地区时间表

日环食地区	广东	广西	江西
时间	6时07分 6时11分	6时07分 6时11分	6时10分 6时12分
日环食地区	福建	浙江	台湾
时间	6时10分 6时14分	6时14分 6时15分	6时10分 6时11分

*具体请参阅权威机构公布数据



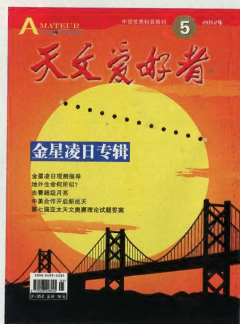


[星特朗太阳观测镜]采用安全性非常优秀的，德国巴德天象仪公司生产的"安全观测太阳保护膜（ASTRO SOLAR）"进行制造。该膜以欧洲标准的CE规格、EN规格为基准，NASA（美国国家航空和宇宙航行局）的主页上也将此产品作为能够观测太阳的膜进行介绍，是一种信赖性很高的产品。

CELESTRON中国总代理　杭州天文科技有限公司
地址：杭州市西湖区翠柏路7号（杭州电子商务产业园）2号楼501室
邮编：310012　电话：0571-87633788
传真：0571-87633789　网址：www.celestron.com.cn


省图现刊
X0167290





Contents

中国天文学会　北京天文馆　主办

目次

总第373期　2012年第5期　2012年5月1日出版

星空有约　6~20

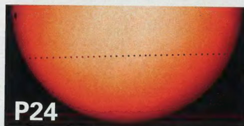
6　2012年6月重要天象预告　李　昕
10　2012年6月日、月及行星动态
15　点彗台　寇　文
16　掩星驿站　张学军
18　系外行星凌星预报　宋　楠

宇宙信息　22~25

最大红外深度巡天图像　白矮星碰撞引爆超新星SN 2011fe　超高速逃逸行星　罕见的"祖母绿型"星系　南极望远镜支持爱因斯坦宇宙学常数　1,200万光年之外发现"普通"黑洞　早期太阳系中易于形成有机物　空间观测水星凌日精确测量太阳半径　火星上20千米高的尘卷　来自早期宇宙的行星系统　谢　懿

宇宙奥秘　26~47

26　地外生命何所似?　文/柯文采(Thijs　Kouwenhoven)　翻译/程思淼
30　中美合作开启新巡天　范　舟
34　流星漫谈(七)　程思浩
38　欧洲空间局的"牛顿"卫星　李开封
42　宇宙命运与Ⅰa型超新星(上)　钟晚晴
45　国内第一台专业级程控自主望远镜BOOTES-4　李　建　范玉峰



天文学家通过对2003年和2006年的水星凌日进行空间观测，以前所未有的精度测量了太阳的半径，结果为696　342±65千米。



什么是生命？地外生命是否必定和地球生命类似？北京大学科维理天文与天体物理研究所的柯文采博士将为我们娓娓道来。



尊敬的读者

如发现本刊有印刷、装订等质量问题，请与北京博海升彩色印刷有限公司售后服务部联系退换，谢谢合作。

地址：北京市通州区中关村科技园通州园金桥科技产业基地环宇路6号

邮编：101102　电话：010－60594509

世纪绝响——金星凌日专辑 48～69

50 仰望金星——金星基本知识及探测成果简述 李　良
54 跨世纪的特殊天象——金星凌日 李建基
58 金星凌日的观测与摄影 任革毅
61 金星凌日的期待 王雨佳 林逸超
65 2004金星凌日观测记实 林　岚
67 金星凌日与天文科学 夏　寒

天文杂谈 70～76

70 诗词歌赋中的星座世界(十三)——诗人笔下的昴、毕、觜、参 王玉民
74 我的天文人生(一) 易照华
76 去看超级月亮 李　冰

天文馆专栏 86～88

86 阿马天文馆之技术篇 郭　霞

奥赛专栏 90～91

90 2011年第七届亚太天文奥赛理论试题答案
亚太天文奥赛组委会 供稿 / 冯翀 翻译

航空航天 92～95

92 飞往金星的空间探测器 司马杭仁

爱好者之页 77～96

77 天文科普进社区 白　石
78 春季星空观测入门 赵天乐
80 提高小学生的天文科学素质和创新精神 邓锡辉
83 流动天文馆(三)——近年活动案例 苗　军
89 在沙河站欣赏"金木伴月" 戴　明
96 天文书刊资料邮购信息

封面 2012.6.6金星凌日(示意图) 李　鉴



主管 中国科协
主办 中国天文学会 北京天文馆
编辑出版 天文爱好者杂志社
社址 北京西城区西直门外大街138号
邮编 100044
网址 http://www.amateurastronomer.cn
国际标准连续出版物号 ISSN 0493－2285
国内统一连续出版物号 CN11－1390／P
广告经营许可证 京西工商广字0408号
总发行
国内 北京报刊发行局
国外 中国国际图书贸易总公司
(北京399信箱)
邮发代号 2－352
国外代号 M175
订购处 全国各地邮局(或本刊杂志社)
印刷 北京博海升彩色印刷有限公司
定价 10元

主编 朱进
社长 齐锐
常务副主编 李鉴
法律顾问 苏洪玉

编辑部 齐锐 李良 李鉴 张长喜 张恩红
摄影 刘合群
信箱 amateur@bjp.org.cn

读者服务部 于杰鸿 李国良
电话 010－51583320 13717671688
信箱 club@bjp.org.cn

(北京报刊发行局为本刊国内惟一正规订阅渠道)

日食大观

《日食大观》是《天文爱好者》自创刊以来第一次以近300页的海量篇幅出版的增刊。

本刊以图文并茂的形式，向广大读者全面介绍我们的恒星——太阳以及日食的丰富知识。内容涵盖了太阳和日食知识的方方面面，特别是日食的发生原理和周期、国内外日食研究的前沿课题、日食观测方法和器材、怎样拍摄日食、历史上的日食观测故事、追逐日食的人和趣事等等，更以大幅彩色地图与数据相结合的方式，详细预报了从2008年至2035年我国境内能够观测的8次日食。对于2012年和2035年全食带经过北京的日全食观测，具有重大的指导意义。

邮购价：35元



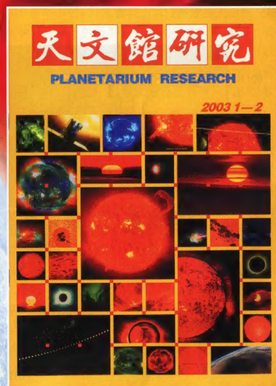
今年5月21日日环食、6月6日金星凌日万众瞩目

本刊特别推荐《日食大观》、《金星凌日观测指南特辑》

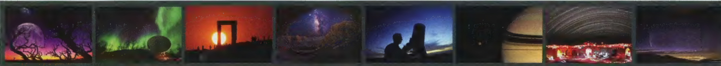
金星凌日观测指南特辑

《天文馆研究——金星凌日观测指南特辑》对金星凌日这一天象做了全面诠释，包括基本知识、历史故事、观测方法、观测指南、情况预报等几部分内容，是开展相关科普教育和群众性观测活动的指导性材料。

邮购价：14元



本刊淘宝官方网店：
http://shop70145700.taobao.com



天象导报

2012年6月重要天象预告

□李 昕

不仅仅是今年，甚至对于这个世纪来说，即将到来的6月都占有着特殊的地位。为了6月6日的金星凌日，我们已经等了8年。如果错过了的话，估计不会有人能等到105年后的下次了。此外，6月还有我国部分地区可见的月偏食，以及流量不算太大的六月牧夫和六月天琴等流星群活动。当然，6月下旬的夏至前后，北半球中高纬度地区的夜晚将非常短暂，喜爱观星的天文爱好者估计会觉得不太过瘾。但因为整夜太阳都不会降到地平线下太低，类似国际空间站这样的低轨人造天体的可观测时间，也不仅局限于黄昏和黎明时分了。

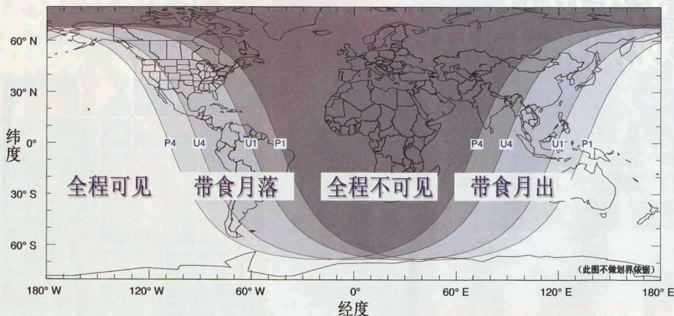
6月4日　月偏食

去年12月10日的月全食，令全国各地的人们大饱眼福。今年6月4日观测条件一般的月偏食，不知能否激发大家的观测兴趣。

本次月偏食，主要是亚洲东部、大洋洲、太平洋、南极洲，以及北美洲和南美洲西部可见。其中我国东部地区可以观测到带食月出，西部部分地区只能观测到带半影月食月出，新疆、西藏部分地区无法观测到本次月食。

月食是指月球进入地球遮挡住太阳光所产生的阴影区域内时，月球出现残缺的现象。与日食类似，月食时太阳、地球、月亮三者也几乎位于同一条直线上，但不同的是，此时位于日、地、月中间的变成了地球。当月食发生的时候，太阳和月球的黄经相差 180 度左右，所以月食必定发生在月相的"望"时(即农历十五前后)。月食的发生，还与日食有着内在的联系。通常一次日食(朔日)前后的满月，就有可能发生月食。6月4日为农历闰四月十五，而在这之前的半个月，也发生过日环食。

如果一次月食发生的过程中，月面始终只是部分进入地球本影，这次月食就是一次月偏食。当然，在偏食过程的前后还伴随着半影月食阶段。半影月食期间，仍有一部分太阳光可以照射到月球表面，我们知道只要一点太阳光都非常强烈，因此这段时间用肉眼很难察觉到月面亮度的变化。初亏时间点标志着月偏食的开始；月面中心与地影中心角距离最近的时刻为食甚，此时的食分也是最大的；复圆为月面完全移出地球本影，至此月偏食结束。与日食不同，一次月食发生时，全球可以观测到月亮的地方几乎是同时看到。本次月全食的初亏将发生在北京时间17时59分，复圆大约是在20时07分，最大食分0.376。对于我国大部分地区来说，月亮都是在食甚后才升起，因此观测条件并



2012年6月4日月偏食全球见食情况示意图



六月天琴和六月牧夫流星雨极大期间辐射点位置示意图

不理想。以北京地区为例，复圆时月球的地平高度只有4°。低空的大气透明度原本就很差，加之日落不久天光还很亮，能成功观测到本次月偏食的可能性很小。相比之下，东南部地区月球升起更早，观测条件也就更好。

月偏食的观赏性虽然有限，但对于不想错过任何天象观测机会的天文爱好者来说，也是非常好的天文摄影题材，且对器材的要求不高。只要用单反相机直焦转接长焦镜头或望远镜，无需跟踪，就能拍到很好的偏食月面特写照片。届时如果天气晴好，我国东部地区的观测者可以拿出自己的设备，进行实际拍摄演练。毕竟距离金星凌日只有不到两天了，而后者的照相观测所需设备也只是在上述基础上增加了一个减光膜而已。

6月15日　六月天琴流星雨极大

为与极大出现在4月下旬的天琴座流星雨(LYR)相区分，我们将辐射点与其非常接近，但活跃在6月中旬的这个小流量流星群，称为六月天琴流星雨(JLY)。

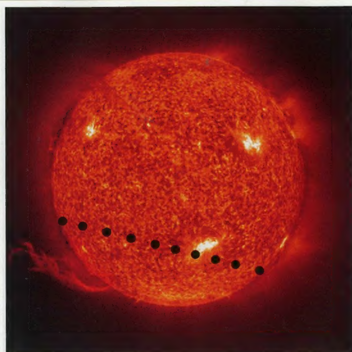
上世纪六七十年代，人们曾观测到六月天琴流星雨的活动。六月天琴流星雨的辐射点位于织女星以南几度的位置，根据预报今年的极大将出现在6月15日，但ZHR(极大时假设辐射点位于天顶的每小时流量)仅为5左右。虽然流量不大，但今年极大时的月相已经接近残月，对观测影响不大。六月天琴流星雨的流星体速度为31千米/秒，活跃期从6月11日至21日，它在聚光灯下还没站多久，很快就将天象剧场的主角让给了流量更大的六月牧夫流星雨。

6月27日　六月牧夫流星雨极大

1998年，六月牧夫流星雨曾出现了ZHR达100以上的爆发，并且持续时间长达半天之久。而这个流星群也正是从那时起才开始进入了人们的视线。此后，2004年6月23日该流星雨的极大再次持续了10多个小时，但流量较小，ZHR只有20至50。值得一提的是，当时出现峰值的日期比预计的极大有所提前。因此从那时起，国际流星组织(IMO)就建议有条件的观测者，可以从该流星雨开始活跃的6月22日就进行观测，这样很可能捕捉到其预期之外的爆发。但此后，六月牧夫流星雨再没出现过较大规模的爆发，ZHR始终在20左右徘徊。

其实在这个流星群活跃的6月下旬至7月初，正值夏至前后，对于北半球中高纬度地区来说，黑夜时间较短，它的可观测时间并不长。但其辐射点赤纬可达49°，位于牧夫、武仙、天龙和大熊座之间，与1月初活动的象限仪流星雨辐射点位置非常接近。在北纬41°以北地区，辐射点位于拱极区内，且在这段时期前半夜辐射点的地平高度较高，因此观测条件还算不错。

根据目前的预报，2012年的六月牧夫流星雨极大很可能出现在北京时间6月27日11时。对于我国的爱好者来说，则只能选择在26日和27日两个晚上进行观测。而极大期间的月相为上弦，对前半夜的观测会产生一定影响。六月牧夫流星雨的母彗星为1819年发现的7P/Pons-Winnecke，回归周期为6.38年，上次过近日点是在2008年。今年该流星雨虽然没有爆发预期，但有条件的朋友还是可以尝试进行观测。此外，其流星体速度



2004年6月8日,SOHO卫星拍摄的金星凌日

只有18千米/秒,属于慢速流星,因此非常容易与其他群的流星相区分。

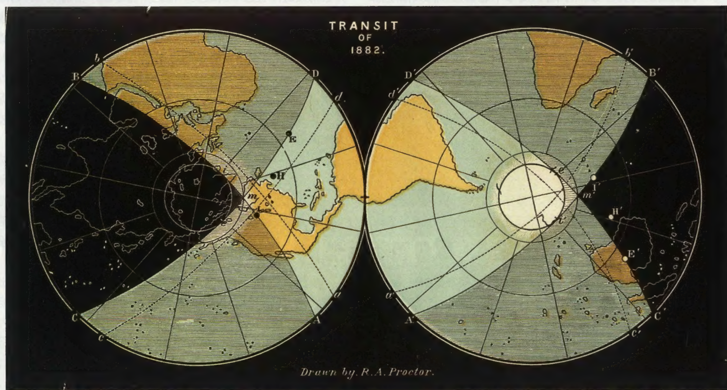
6月6日　金星下合 凌日

作为一颗地内行星,金星在公转过程中与地球有4个特殊的相对位置,分别为上合、东大距、下合和西大距。我们在地球上观测,金星在上合、下合时,其黄经与太阳相等。由于金星公转轨道平面与黄道的倾角只有3.4°。因此上合、下合时金星与太阳的角距离很小,我们通常无法观测到它。这样就是为什么在之前的天象预报中,笔者只为大家介绍过金星的东大距、西大距,而不会介绍上合、下合。

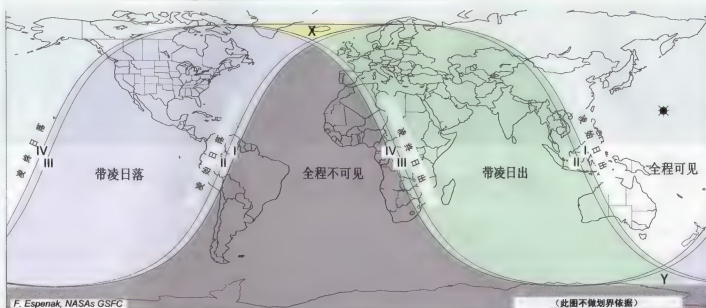
金星与地球的轨道平面有两个交点,对于近几百年来说,分别位于黄经76.5°和256.5°左右,即每年的6月8日和12月10日前后。由于金星和地球公转轨道非常复杂,从更长时间来看,升、降交点会缓慢向东移动。如果在升、降交点前后短时间内正值金星下合,就有机会看到金星从日面上缓慢划过的情景,即金星凌日。

如果地球轨道与金星轨道在同一个平面上,那么每次下合都会发生凌日。我们可以计算出金星与地球的会合周期为584天,也就是说每隔一年半多就会有一次金星凌日。但金星轨道平面与黄道面之间小小3.4°的交角,令金星凌日变得百年难遇。上、下合时,金星与太阳的角距离最多可达8.9°。而太阳的视圆面不会超过30′,因此下合必须与交点非常接近才会发生凌日。现在我们知道金星凌日有8年、243年和251年的周期,即如果把间隔8年的金星凌日算为一组,靠后的一次与下组靠前的一次间隔为105.5年或121.5年。规律是:8年－105.5年－8年－121.5年－8年－105.5年－8年－121.5年……上一次的金星凌日发生在2004年6月8日,而相隔8年之后6月6日的这次,应该也是我们有生之年能观测到的最后一次金星凌日。下次金星凌日,将发生在105年后的2117年12月11日。

在如此罕见的金星凌日面前,笔者认为自己非常幸运。首先,生活的年代包含了这两次金星凌日,并已经有幸观测到了之



1882年的金星凌日见食情况图



X区域内，凌日开始和结束阶段可见，但中间阶段太阳在地平线下；
Y区域内，凌日中间阶段可见，但开始和结束阶段太阳在地平线下。

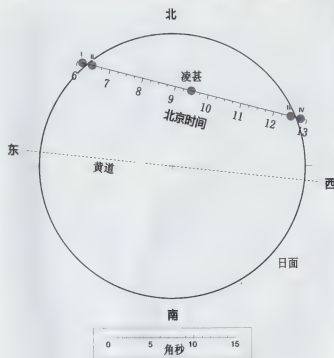
2012年6月6日金星凌日的全球见食情况示意图

前的一次。而更多的人，一生都没看到过金星凌日。其次，这两次凌日我国的观测条件都很好。6月6日这次，除西部将观测到带凌日出外，我国大部都能观测到凌日的全过程。而8年前那次我国更是全境都能观测到凌日的全过程。最后，作为本刊天象预报的作者，我为能有机会将这次金星凌日介绍给大家，而感到特别荣幸。

一次金星凌日过程中，最重要、同时也是最有看点的是凌始外切(Ⅰ)、凌始内切(Ⅱ)、凌终内切(Ⅲ)和凌终外切(Ⅳ)这4个时间点。对于地球上相邻较远的不同地点，上述时间点的具体时刻会略有不同，差别在秒的量级上。本次凌始外切，即金星视面与日面的第一次外切发生在北京时间6时09分40秒前后，不到19分钟后，金星全部进入日面，这个瞬间便是凌始内切。之后金星便开始了在日面上的旅行，这个过程较长，本次凌日金星是从日面北侧穿过，需要6小时以上。而假如是正过日面中心的凌日，全过程会接近8个小时。本次凌终内切，也就是金星开始移出日面的时刻是在12时31分40秒前后，12时49分35秒左右的凌终外切则标志着金星凌日的结束。

相信如此罕见的天象，大家都想亲眼目睹。其实，金星凌日并非壮观天象，仅仅是一个黑色小圆面在数小时内穿过日面而已。在下合前后，金星的视直径接近1′，本次约为57.78″，大于正常人肉眼的极限分辨率，因此我们不需使用望远镜就能看到日面上的这个黑点。但太阳光非常耀眼，直接看的话无法分辨它表面的细节，而且会灼伤眼睛，因此观测金星凌日最重要的就是减光，最安全、便捷的减光方式就是佩戴太阳观测镜。根据笔者的经验，每逢日食前夕，太阳观测镜的价格都会飞涨，而且还会有很多质量不合格的产品流入市场。因此大家应提前从所在地区科技馆、天文馆或望远镜经销商处购买好太阳观察镜，以备观测时使用。还需提醒大家，本次金星凌日开始阶段，我国大部分地区太阳地平高度较低，受大气消光影响可能亮度较暗，如果使用望远镜目视或照相观测，前端加上巴德膜后很可能就看不到太阳了。这时有的人可能会摘掉减光膜，但随着太阳的升高，亮度会快速增加，将在极短时间内对我们的眼睛和照相设备造成伤害。因此如果太阳实在不够亮，摘掉减光膜只能进行短时间的拍摄，随后应尽快罩上，无减光时要避免目视观测。所有青少年学生的观测都应在老师和家长的陪同下进行！

(责任编辑　张恩红)



本次金星凌日全过程示意图



2012年6月 日、月及行星动态

太阳 月初，太阳的视赤经、视赤纬为4时37.3分、+22° 4.7′；月末，太阳的视赤经、视赤纬为6时37.5分、+23° 9.4′。本月太阳由金牛座运行到双子座。

5日14时26分芒种，太阳的黄经为75°。21日7时09分夏至，太阳的黄经为90°。

月亮 月亮过近地点、远地点的时间分别为3日21时、16日9时。月相为望、下弦、朔和上弦的时间分别为4日19时12分、11日18时41分、19日23时02分和27日11时30分。

水星 昏星。日没时位于西北方天空，上旬不易观测，中旬至下旬在日出时的地平高度逐渐增大，可观测。22日2时水星合北河三，水星位于北河三之南5°。22日3时水星合月，水星位于月亮之北6°。

金星 6日下合日，恰巧此时金星经过黄道面而发生凌日。下合日后，金星由昏星转为晨星。月末，金星在日出前位于东北方天空，日出时的地平高度约为18°，亮度约-4.4等。15日14时金星合毕宿五，金星位于毕宿五之北4°。27日12时金星留。

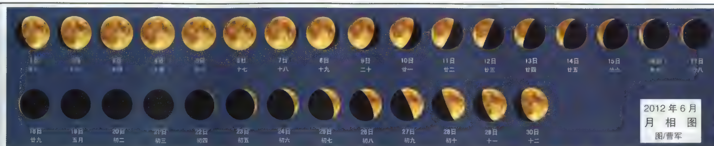
火星 由狮子座顺行至室女座。日落后火星位于南方天空，落山时间提前至次日凌晨0时20分左右，前半夜观测条件理想。26日23时火星合月，火星位于月亮之北6°。

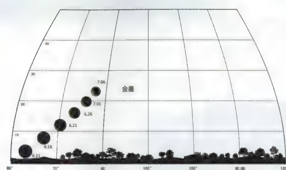
木星 由白羊座顺行至金牛座，约于凌晨3时10分升起，亮度约-2.0等，不易观测。17日16时月掩木星，木星位于月亮之南1.1°。

土星 在室女座运行。26日土星"留"后由逆行变为顺行。日落后出现在南方天空，亮度约+0.6等，约于次日凌晨1时40分落下，前半夜是观测土星的好时机。1日13时土星合月，土星位于月亮之北7°。28日20时土星合月，土星位于月亮之北6°。■

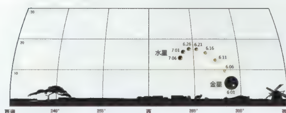
（责任编辑 张恩红）

2012年6月15日行星位置示意图（曹军）

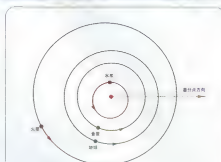




2012年6月日出时金星的地平高度及方位(北京纬度)示意图



2012年6月日落时水星、金星的地平高度及方位(北京纬度)示意图



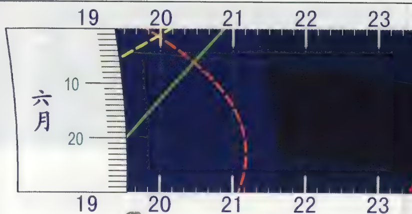
2012年6月行星轨道示意图之一



2012年6月行星轨道示意图之二

下弦
海王星
望
土星
上弦
23h 22h 21h 20h 19h 18h 17h 16h 15h 14h 13h

蒙影
月光
暗夜



2012年6月行星出没图(北纬40°)

□曹军

上图显示每日日落到次日日出之间的五颗行星出没状态及观测条件,包括晨昏蒙影时刻,水星与金星的出没时刻,火星、木星与土星的出没及中天时刻,以及月亮出没状态。横坐标为地方平时,纵坐标为日期.

图中外侧的两条纵向条带表示天文晨昏蒙影,中间交替的横向条带表示夜间有无月光

图中曲线的位置表示五颗行星升起、落下及上中天(火星、木星、土星)的地方平时

当水星、金星的曲线出现在图左侧时,表示它们在日落后落下,为昏星;当曲线在图右侧出现时,表示它们在日出前升起,为晨星

在火星、木星和土星冲日的前后,代表它们中天时刻的实线与图中0时的纵轴相交

全图见《2012年天象大观》增刊,《天文爱好者》淘宝店有售 ■

(责任编辑 齐锐)

2012年6月行星位相图(大小未按比例)

(1日)
水星

(16日)
水星

金星(1日)

金星(16日)

火星

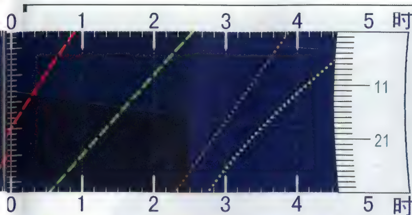
木星

土星

天王星 海王星

水星1日视直径	5.16″	亮度	-1.8等
金星1日视直径	57.00″	亮度	-3.9等
水星16日视直径	6.16″	亮度	-0.4等
金星16日视直径	54.87″	亮度	-4.1等
火星15日视直径	7.21″	亮度	0.7等
木星15日视直径	33.25″	亮度	-2.0等
土星15日视直径	17.96″	亮度	0.6等
天王星15日视直径	3.45″	亮度	5.9等
海王星15日视直径	2.26″	亮度	7.9等

(绘图:曹军)



水星
金星
火星
木星
土星

出
中天
没

北
东
西
南

（绘图：曹军）

2012年6月星空图

适合地区：北纬40度
适合时间：当月1日 22:00
当月15日 21:00
当月30日 20:00

6月北天星图

适宜观测地区：北纬40° 附近
对应观测时刻：芒种前后21点　夏至前后20点

0等星　1等星　2等星　3等星　4等星　5等星　星系　星云　疏散星团　球状星团



6月南天星图

适宜观测地区：北纬40° 附近
对应观测时刻：芒种前后21点　夏至前后20点

0等星　1等星　2等星　3等星　4等星　5等星　星系　星云　疏散星团　球状星团



（绘图：徐刚）



天象导报

点彗台

□寇 文

最新发现

2012年3月里共发现命名了10颗彗星，其中一颗是重新发现的周期彗星。一个月中发现这么多彗星是近期不多见的。

2012年3月2日，R. E. Hill在进行Mt. Lemmon巡天项目观测时发现一颗新彗星，发现时亮度为19等，得到的编号是C/2012 E1 (Hill)。这颗彗星的近日距很大，达到7.5天文单位，过近日点时间为2011年6月19日。

3月8日，Vladimir Bezugly在SOHO太阳探测器SWAN摄像机3月4、5、6日拍摄的图片上发现一颗彗星，这是一颗克鲁兹族彗星，得到的编号为C/2012 E2 (SWAN)。它在3月15日过近日点，据推测，彗星可能在过近日点前十天发生了分裂，造成亮度上升，从而在SWAN图片上被找到，因为随后彗星的亮度又有所减暗。

3月14日，PanSTARRS巡天项目发现一颗新彗星，发现时亮度为20等，得到的编号是C/2012 E3 (PANSTARRS)。这颗彗星已于2011年5月1日过近日点，近日距为3.7天文单位。

3月16日，Alex Gibbs在进行Catalina巡天项目观测时用0.68米口径施密特望远镜发现一颗新彗星，彗星亮度18等，编号为C/2012 F1 (Gibbs)。这颗彗星已于2012年2月19日过近日点，近日距2.6天文单位。

3月16日，PanSTARRS巡天项目发现一颗新彗星，发现时亮度为19.5等。这是一颗周期彗星，编号为P/2012 F2 (PANSTARRS)，将于2013年4月10日过近日点，近日距为2.9天文单位，运行周期15.8年。

PanSTARRS巡天项目在同一天还发现了另外一颗新彗星，亮度为20.5等，随后发现在1月19日PanSTARRS就曾拍摄到这颗彗星。彗星得到的编号为C/2012 F3 (PANSTARRS)，将于2015年4月1日过近日点，近日距3.5天文单位。

3月21日，G. Sostero、N. Howes、A. Tripp和E. Guido重新发现了回归的周期彗星P/2005 JY126 (Catalina)，所用设备是位于赛丁泉天文台2米口径的南Faulkes望远镜，发现时亮度为19.5等。这颗彗星新的编号为P/2012 F4 (Catalina)，将于2013年6月4日过近日点，近日距为2.13天文单位，运行周期7.27年。

3月22日，Alex Gibbs在进行Mt. Lemmon巡天项目观测时发现一颗新彗星，发现时亮度为18等，随后发现Catalina巡天项目在2月20日、27日，3月3日、14日都曾拍摄到它。彗星得到的编号为P/2012 F5 (Gibbs)，是一颗短周期彗星，已于2010年3月25日过近日点，近日距2.9天文单位，运行周期约5.2年。

3月22日，Mt. Lemmon巡天项目还拍摄到另外一颗新彗星，编号是C/2012 F6 (Lemmon)，发现时亮度为20等。这颗彗星将于2013年3月23日过近日点，近日距只有0.73天文单位，轨道倾角达到82.5度。彗星被发现时距离太阳超过5个天文单位以上，明年过近日点时亮度预计接近9等，但最亮时北半球观测不到。

2012年1月26日，Mt. Lemmon和PanSTARRS巡天项目发现一颗小行星状的目标，当作小行星命名为2012 BJ98。3月1日，Mt. Lemmon巡天项目观测到它的彗星特征，最终确定为彗星，编号修改为C/2012 BJ98。Spacewatch巡天项目曾在2011年12月29日、2012年1月6日和14日拍摄到它。彗星将于2012年9月20日过近日点，近日距2.2天文单位，运行周期约70.7年。

近期关注

C/2009 P1 (Garradd)彗星近期亮度继续保持稳定，4月13日观测到的亮度为7.0等。2012年5月里彗星从天猫座运行到巨蟹座，亮度逐渐下降，观测条件也会越来越差，到5月底，天黑后彗星已位于西方低空，可观测时间很短了。近期可观测的彗星不多，只有C/2009 P1 (Garradd)亮度最大达到6等左右，观测条件很好，引起爱好者的广泛关注。

2012年5月里过近日点的彗星有：

P/2011 U2 (Bressi)、60P Tsuchinshan 2、C/2010 R1 (LINEAR)、P/2006 Y2 (Gibbs)、P/2011 N1 (ASH)。■

（责任编辑　齐锐）



2009P1 彗星　笔者摄于2012年3月26日凌晨。佳能450D接高桥FS60，11张叠加。曝光时间总计约2小时。

天象导报

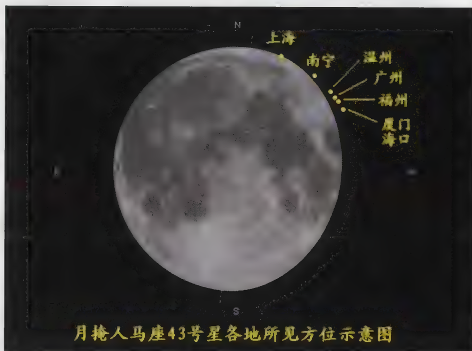
掩星驿站

□大观天文营　张学军

月掩星是一个很有趣味的观测项目，在掩星之前或之后，被掩星都是在月球附近的。当你看到恒星逐渐接近月球的暗边缘且突然“消失”或恒星突然“出现”的一刹那，你会明显感觉到月球的运动。观测小行星掩星需要观测者比较熟悉星空，可以通过星图准确无误地找到被掩的恒星。观测时，只需要看到被掩的恒星即可。每次新的掩星观测都可能带来潜在的新发现，只要你进行了一次观测，无论是否观测到掩星现象的发生，你的观测结果都是非常有意义的。

月掩星预报

月球在天球上每小时大约向东移动半度，这样我们有时候就会看到它遮挡住一些恒星或行星等天体，过段时间后，这些天体又会重新出现，这就是月掩星。对这些现象进行计时观测，得到的时间数据可以用来修正月球轨道精确数据、准确预测月球的运动、研究地球自转的不均匀性。对测定月球黄经与黄纬的改正值、推断月球山脉的大小和形状、研究双星，以及提高被掩恒星的位置精度、测定恒星直径等，均有很高的价值。以下表中时间为北京时间，列出主要几个城市所见月掩星情况，其他地区所见时间可参考距离表中最近的城市，不过在时间上会相差几分钟。



月掩人马座43号星各地所见方位示意图

6月7日　月掩人马座43号星

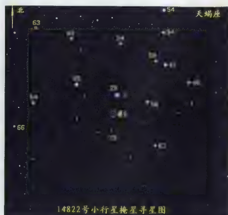
我国部分地区可见这次月掩人马座43号星的现象，43号星视星等为4.9等。当天是农历十七，月球光照面是92%，掩星现象为BD:亮面消失;DR:暗面出现。此次现象发生在满月后不久，被掩星较暗，只适宜观测暗面出现。掩食带北界限线经过上海、浙江北部和西部、江西东北部和中西部、湖南南部、广西北部和西部，其中上海和杭州可见掠掩。

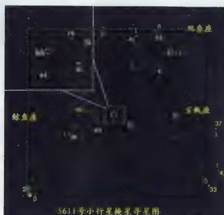
月掩人马座43号星

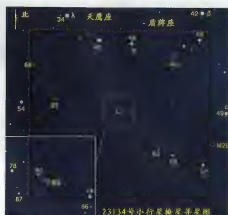
城市	福州	广州	海口	南宁	上海	厦门	温州
掩始	——	——	——	——	掠掩	——	——
掩终	3h18m	3h04m	2h49m	3h00m	3h46m	3h12m	4h03m

小行星掩星预报

由于目前还没办法获知大部分小行星的精确轨道数据，因此预报的掩食带位置可能会有偏差，这就非常需要更多的观测数据来推测小行星的大小、形状，同时提高小行星轨道的计算精度，修正预报的掩食带位置的偏差。以下所有恒星的赤经、赤纬坐标均采用J2000.0历元。寻星图中圆圈内的星是被掩星，数字为恒星的视星等，例如59为5.9等，63为6.3等，依此类推。小行星掩食带示意图中的蓝色线是掩食带界限线，红色线是1σ(即小行星掩星现象有68%的信心会在这个区域范围以内的某些地方出现)掩食带误差界限


14822号小行星掩星寻星图


5611号小行星掩星寻星图


23134号小行星掩星寻星图

线。掩食带上的时间是当地可见的大致掩星时间(均为北京时间)。

6月7日　14822号小行星掩8.1等星

这次掩星现象我国可见时间约发生在北京时间21时42分到21时45分，直径为17千米的14822号小行星1984 SR5，将遮掩天蝎座8.1等的TYC 6787—00257—1，恒星赤经15h59m11.8720s，赤纬-26° 35′01.140″。这颗星位于天蝎座π星南边约半度的地方。被掩星亮度将下降9.5个星等，掩食现象持续时间最长1.3秒。

掩食带从我国台湾南部经台湾海峡延伸到青海，先后经过广东东北部、江西南部、湖南南部和西南部、贵州北部、四川、青海，经过我国境内的时间约为3分钟。其中武冈、眉山位于掩食带内，泉州、厦门、汕头、广州、东莞、赣州、韶关、桂林、衡阳、长沙、贵阳、遵义、重庆、宜宾、成都、绵阳等地位于掩食带的预报误差带中，也可能会观测到这次掩星现象。

6月27日　5611号小行星掩9.6等星

这次掩星现象我国可见时间发生在北京时间3时26分到3时28分，直径为14千米的5611号小行星1943 DL，将遮掩宝瓶座9.6等的恒星HIP 117736，恒星赤经23h52m41.1073s，赤纬-5° 59′37.904″。这颗恒星位于鲸鱼座β星东北大约17度的地方，可先通过β星找到ι星，再找到4.4和4.6等的30和33号星，这两颗星东侧约2度多就是被掩星位置。被掩星亮度将下降8个星等，掩食现象持续时间最长1.2秒。

掩食带从广东西南延伸到福建东北部，经过我国境内的时间约为2分钟。其中廉江、高州、佛山、广州、宁德等地位于掩食带内，个旧、景洪、海南、广西、浙江、上海、湛江、韶关、深圳、潮州、衡阳、长沙、株洲、赣州、南昌、九江、景德镇、福州、厦门、南京、安庆、芜湖、苏州、镇江等地在掩食带的预报误差带中，也可能会观测到这次掩星现象。

6月29日　23134号小行星掩8.9等星

这次掩星现象我国可见时间发生在当日北京时间22时08分到22时11分，直径为9千米的23134号小行星2000 AU142，将遮掩盾牌座8.9等的恒星TYC 5706-01901-1，恒星赤经18h58m47.6s，赤纬-8° 14′26.841″。这颗恒星在天鹰座λ星西南大约4度的地方。被掩星亮度将下降7.9个星等，掩食现象持续时间最长0.8秒。

掩食带从吉林东部开始一直延伸到甘肃，先后经过吉林东南部、辽宁、河北北部、内蒙古南部、甘肃西北部，经过我国境内的时间约为3分钟。其中长春、哈尔滨、牡丹江、佳木斯、沈阳、大连、锦州、通辽、赤峰、北京、天津、济南、石家庄、太原、锡林浩特、呼和浩特、太原、大同、临汾、银川、固原、兰州等地在掩食带的预报误差带中，也可能会观测到这次掩星现象。

(责任编辑　齐锐)



天象导报

系外行星凌星预报

□山东大学威海分校 宋楠

五六月份可能是较为适合爱好者野外露天观测的时间段了，因为既没有前几个月的严寒，而且还不需要面对随后几个月相对糟糕的天气和蚊虫的骚扰。所以，就让我们珍惜这宝贵的观测时机，一起来看看5、6月适合观测的系外行星凌星现象吧。

下表是以北京地区地理坐标为准，在系外行星凌星数据库ETD(http://var2.astro.cz/ETD/predictions.php)中得到的5、6月份将要发生的部分凌星现象的预报汇总。主星亮度(绝大多数)暂选为亮于10

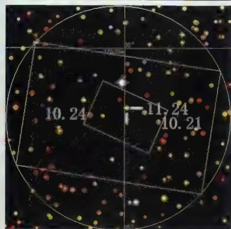
日期	目标	恒星信息				行星凌星信息				
		亮度(MAG)	赤经	赤纬	所在星座	开始时刻	中间时刻	结束时刻	凌星时长(min)	凌星深度(MAG)
2012-05-04	WASP-14 b	9.75	14:33:06.35	+21:53:40.98	牧夫座	22:28	23:52	25:15	167	0.0108
2012-05-06	HD189733 b	7.67	20:00:43.71	+22:42:39.07	狐狸座	26:10	27:04	27:59	109.6	0.0282
2012-05-13	WASP-14 b	9.75	14:33:06.35	+21:53:40.98	牧夫座	21:53	23:16	24:40	167	0.0108
2012-05-15	HD189733 b	7.67	20:00:43.71	+22:42:39.07	狐狸座	23:09	24:03	24:58	109.6	0.0282
2012-05-16	HAT-P-22 b	9.73	10:22:43.73	+50:07:41.1	大熊座	21:46	23:12	24:38	172.2	0.0119
2012-05-18	HAT-P-2 b	8.7	16:20:36.37	+41:02:53.4	武仙座	24:30	26:37	28:45	254.9	0.0053
2012-05-19	HD149026 b	8.15	16:30:29	+38:20:50	武仙座	25:15	26:52	28:29	194.4	0.0031
2012-05-21	HAT-P-14 b	9.9	17:20:27.88	+38:14:32.4	武仙座	24:22	25:28	26:33	131.4	0.0054
2012-05-22	WASP-14 b	9.75	14:33:06.35	+21:53:40.98	牧夫座	21:17	22:40	24:04	167	0.0108
2012-05-22	HD149026 b	8.15	16:30:29	+38:20:50	武仙座	22:16	23:54	25:31	194.4	0.0031
2012-05-23	WASP-38 b	9.4	16:15:50.38	+10:01:57.70	武仙座	22:34	24:54	27:14	279.8	0.0108
2012-05-24	HAT-P-11 b	9.59	19:50:50.14	+48:04:49.1	武仙座	24:26	25:35	26:44	138	0.0043
2012-05-25	HD149026 b	8.15	16:30:29	+38:20:50	武仙座	19:18	20:55	22:32	194.4	0.0031
2012-05-26	HD189733 b	7.67	20:00:43.71	+22:42:39.07	狐狸座	25:22	26:17	27:12	109.6	0.0282
2012-05-29	HAT-P-11 b	9.59	19:50:50.14	+48:04:49.1	武仙座	21:44	22:53	24:02	138	0.0043
2012-05-30	WASP-38 b	9.4	16:15:50.38	+10:01:57.70	武仙座	19:30	21:50	24:10	279.8	0.0108
2012-05-31	WASP-14 b	9.75	14:33:06.35	+21:53:40.98	牧夫座	20:41	22:04	23:28	167	0.0108
2012-06-04	HAT-P-2 b	8.7	16:20:36.37	+41:02:53.4	武仙座	22:07	24:14	26:21	254.9	0.0053
2012-06-04	HAT-P-14 b	9.9	17:20:27.88	+38:14:32.4	武仙座	21:35	22:39	23:45	131.4	0.0054
2012-06-04	HD189733 b	7.67	20:00:43.71	+22:42:39.07	狐狸座	22:21	23:16	24:11	109.6	0.0282
2012-06-09	WASP-14 b	9.75	14:33:06.35	+21:53:40.98	牧夫座	20:05	21:28	22:52	167	0.0108
2012-06-11	HD149026 b	8.15	16:30:29	+38:20:50	武仙座	25:25	27:03	28:40	194.4	0.0031
2012-06-13	HAT-P-22 b	9.73	10:22:43.73	+50:07:41.1	大熊座	19:36	21:02	22:28	172.2	0.0119
2012-06-14	HD149026 b	8.15	16:30:29	+38:20:50	武仙座	22:27	24:04	25:41	194.4	0.0031
2012-06-15	HD189733 b	7.67	20:00:43.71	+22:42:39.07	狐狸座	24:35	25:30	26:25	109.6	0.0282
2012-06-17	HD149026 b	8.15	16:30:29	+38:20:50	武仙座	19:28	21:05	22:42	194.4	0.0031
2012-06-18	WASP-14 b	9.75	14:33:06.35	+21:53:40.98	牧夫座	19:29	20:52	22:16	167	0.0108
2012-06-21	HAT-P-2 b	8.7	16:20:36.37	+41:02:53.4	武仙座	19:43	21:51	23:58	254.9	0.0053
2012-06-24	HD189733 b	7.67	20:00:43.71	+22:42:39.07	狐狸座	21:34	22:29	23:24	109.6	0.0282
2012-06-27	HAT-P-14 b	9.9	17:20:27.88	+38:14:32.4	武仙座	24:53	25:59	27:04	131.4	0.0054
2012-06-28	WASP-3 b	10.64	18:34:31.67	+35:39:41.9	天琴座	19:43	20:51	22:00	137	0.0123

注：表中凌星开始、中间、结束时刻已经换算为北京时间(UT+8)，故其中大于24时表示第二天凌晨相应时刻。凌星时刻与观测者所处地理位置无关，只是由于观测者地理位置不同，凌星发生时观测者所观测目标的高度方位不同，不排除上述凌星现象在不同观测地点由于高度过低无法观测或者观测不完整的情况。

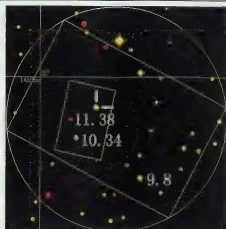
由于凌星观测需要用CCD相机连续长时间曝光测光拍摄，后期数据处理需要平场图像修正(笔者参考国外一些爱好者的文章和自己的观测经验建议拍摄晨昏天光平场)，所以需要观测者合理安排观测时间，预留出天光平场的拍摄时间

由于预报可能存在一定误差，为了能够完全拍摄整个凌星过程，观测者需要拍摄凌星开始前和结束后一段时间的目标，所以实际拍摄实际应该长于凌星时长。

有兴趣的观测者可以在ETD网站寻找其他更加暗弱的目标进行观测。



WASP-3 b证认图



WASP-14 b证认图

等，高度角高于20°，不同地区的爱好者可以通过网站设定当地经纬度。

5、6月份有观测条件的亮星上表已经列出，下面重点介绍下面几颗行星及其主星。

WASP-3 b：这颗在5、6月份可以总共观测到9次凌星现象的系外行星，无疑是我们介绍的重点。这个系外行星最早于2007年被著名的通过凌星法利用地面大视场望远镜阵搜寻系外行星的Super-WASP计划所发现，随后在2008年被威廉·赫歇尔望远镜确认。它是一颗1.76倍木星质量、绕主星快速旋转的热木行星。最有意思的发现莫过于在2010年的时候，由德国、波兰和保加利亚组成的研究小组通过TTV(凌星时间变分法)发现在其外围可能还存在一颗大约15个地球质量的行星，这个潜在的天王星质量大小的行星与WASP-3 b有着2:1的轨道共振现象，但是上述结果还需要大量测光和光谱观测的分析才能最终证实。

WASP-14 b：这颗行星于2008年同样由SuperWASP计划发现。它的质量几乎是木星的8倍而半径却只有木星的1.25倍，所以它是已知的密度最大的系外行星之一。它的轨道也有些特殊，每2.3天绕主星旋转一周，距离主星仅0.036AU，但其0.09的偏心率却相对于距离主星如此近的短周期行星来说有些大，这引起了科学家们的兴趣，他们据此推测这有可能是其他物体的扰动或者其内部结构的特殊性造成的，这依旧需要更进一步的研究才能确定。这两个月一共有6次合适的观测时间。

证认图说明：上文中的证认图均按赤经赤纬方向截图，半十字标识目标星，并标出部分比较星的亮度供读者参考。大矩形框表示全画幅相机接2000mm焦距望远镜的视场(1° 2′×42′)，小矩形框表示SBIG ST-8 CCD接2000mm焦距望远镜的视场(24′×16′)。矩形框选取的位置是笔者认为较为合理的视场供读者参考，可以包含亮度相近(注意视场中如果有比目标星亮太多的星不利于曝光)的比较星便于后期数据处理。

最新进展

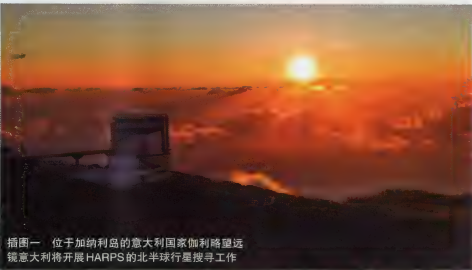
(一)Kepler空间望远镜——证认系外行星的地面"好帮手"

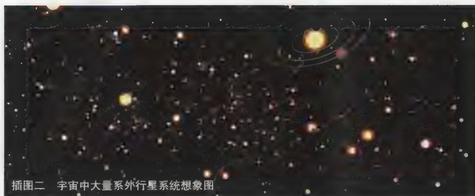
由日内瓦大学天文台领导的HARPS-North计划于5月1日正式投入运行。该项目的核心是一台高精度视向速度光谱仪，已于3月6日在加那利群岛La Palma岛上的意大利3.6mTNG(National Galileo Telescope)望远镜上开始现场安装。这一计划最直接的科学目的，就是为了解决Kepler太空望远镜上天以来已经通过凌星法探测到的2321颗行星候选体的证认问题。Kpeler太空望远镜对于只有拳头大小天区高精度的连续测光观测，一下子发现了众多太阳系外行星候选体，这引起了全世界的广泛关注。

但是这些候选体必须要进行高精度的后随光谱观测，通过探测其对主星造成的视向速度变化来确认其是否是真的系外行星。目前世界上最高精度的系外行星证认光谱仪HARPS(High Accuracy Radial Velocity Planet Searcher)位于南半球智利，对于Kepler望远镜指向的天鹅座天区的众多候选体鞭长莫及！而很多光谱仪的精度又无法探测系外行星造成的极其微小的主星视向速度变化，所以才造成了现在只通过北半球凯克望远镜的HIRES(High Resolution Echelle Spectrometer)和其他地面设备以及其他方法完成了区区61颗系外行星的证认。所以才有了HARPS-North计划，它的建成使用会使更多的系外行星候选体得到确认，从而加快天文学家对于太阳系外行星的认识和研究！

(二)系外行星比我们想象的更加普遍

欧洲南方天文台3月28日发布的新闻指出，他们的科学家根据位于智利La Silla天文台3.6m望远镜上的HARPS光谱仪的数据样本，分析估计出了一个惊人的结论：在银河系中可能存在着数以百亿颗围绕着红矮星(也称为M矮星)运转的位于"可居住带"的石质行星，其中可能有100余颗位于太阳周围小于30光年距离的范


插图一　位于加纳利岛的意大利国家伽利略望远镜意大利将开展HARPS的北半球行星搜寻工作


插图二　宇宙中大量系外行星系统想象图

围内。

他们结合所有的观测数据，以及对可能被发现存在系外行星比例的估计，得出了红矮星周围位于"可居住带"内的超级地球（1~10个地球质量）出现的平均概率为41%，其范围从28%到95%，这一比例高于大质量（木星或土星质量）存在的概率12%。相关文章发表在《天文学和天体物理学》杂志上。

无独有偶，今年1月份发表在两期《Nature》上的两篇文章同样指出了太阳系外行星在宇宙中可能非常普遍。其中12号一期的文章指出，科学家通过长达六年对数百万颗恒星进行的微引力透镜探测后指出，与我们原本的设想不同，银河系中的行星甚至比恒星更加普遍，并且质量较小的"超级地球"或冷的"天王星"比大质量的行星更加普遍存在。26号的另一篇文章则表明，由美国圣地亚哥州立大学科学家领导的小组又发现了两个围绕两颗普通恒星旋转的系外行星Kepler-34 b和Kepler-35 b，加之早先发现的Kepler-16 b，从而开辟了新一类的系外行星（围绕两颗恒星运动的系外行星）的研究。此外，他们还估计银河系中此类行星的数量至少有百万颗。

虽然上述估计结果令人欣喜，但是我们依旧需要更加先进的技术设备和研究方法，才能更加深入细致地了解我们周围的"星球"。

（三）视向速度可达千米/秒量级的超高速行星？

哈佛史密松天体物理中心3月22日在其网站上公布了一则新闻，指出他们中心的科学家Avi Loeb和达斯茅斯学院的科学家通过数值模拟的方法，对银河系中心的超大质量黑洞飞马座A*附近的双星系统进行模拟，研究其超高速星的情况，进而模拟超高速星可能携带的超高速行星存在和可能探测的几率。

超高速星的概念是1988年Hills提出的，视向速度巨大（可达4000km/s）、可以逃出银河系引力束缚的恒星被称作"超高速星"。它的其中一种形成理论认为：当双星系统离银河系中心的超大质量黑洞很近时，黑洞强大的引力会撕扯两颗恒星，将其中一颗捕获而把另一颗以极高的速度抛出星系中心。Avi等人以此模型为基础，模拟出如果两颗恒星周围存在行星的话，"超高速星"会携带它周围的行星以相同的超高速迅速远离银心，而被黑洞捕获的恒星会把它周围的行星以惊人的速度抛出到冰冷的星际空间中使其成为孤独的"超高速行星"。

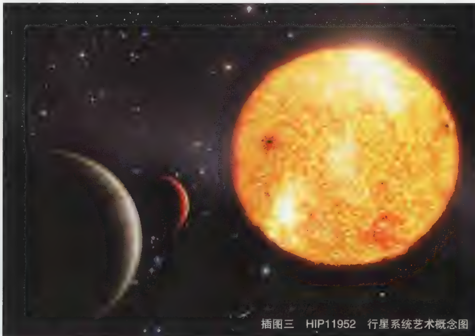
对于"超高速星"携带的"超高速行星"，由于其距离主星必须很近才有可能和主星一起以超高速被抛出银心，所以它就有可能通过凌星法被发现。如果"超高速星"周围有"超高速行星"存在的话，那么"超高速行星"发生凌星现象可能被观测到的几率为50%左右。虽然这些只是数值模拟的结果，但是我们有理由期待，天文学家会在不远的将来，带给我们更多的惊喜！

（四）来自早期宇宙的系外行星系统

来自马克思普朗克研究所3月27日的新闻指出，欧洲的一个研究小组发现了大约130亿年前的古老系外行星系统。这一行星系统包含恒星HIP11952和两颗轨道周期分别为290天和7天的系外行星。天文学家对一年半中的观测数据进行分析后，确定了两颗行星的质量下限和轨道等参数。

该系统的独特之处在于，与已经发现的许多行星形成于含有较重元素的恒星周围情况不同，它的主星为贫金属星，除了氢和氦外其他元素含量极少，也就是说HIP11952是一颗贫金属星。这又是一个贫金属星周围发现行星的例子，这无疑会对原有的行星形成理论产生影响，从而促进行星形成理论的进一步完善和发展。另一方面，这个可能在银河系还是婴儿时期就已经诞生的系外行星系统，同样会成为研究早期宇宙中行星系统的形成机制的重要样本。■

（责任编辑　李鉴）


插图三　HIP11952　行星系统艺术概念图

最大红外深度巡天图像

欧洲南方天文台的可见光及红外天文巡天望远镜在红外波段绘制出了迄今最大的深度巡天图像，揭示出了超过20万个星系。这一新的图像只是其大规模巡天的结果之一，仅仅是该望远镜海量巡天结果中的一小部分。

可见光及红外天文巡天望远镜可以在不同时间对同一片天区进行观测，以此来慢慢地积聚来自遥远星系的暗弱光线。这幅图像总共进行了超过6,000次的不同曝光，总有效曝光时间55小时，使用了5块不同的滤光片。它同时也是同一尺度的红外图像中最深邃的。

可见光及红外天文巡天望远镜位于智利，是世界上最大的巡天望远镜，同时也是威力最强大的红外巡天望远镜。从2009年投入运转以来，它绝大部分的观测时间都用于了公共巡天，另一些则专注于更特定的区域。

乍看之下，它的巡天图像似乎貌不惊人——只有一些亮星以及一系列暗弱的恒星。但事实上，这些暗弱的天体几乎都不是银河系内的天体，而是遥远的星系，它们每一个都包含有几十亿颗恒星。

由于宇宙的膨胀被会把遥远天体所发出的光移动到波长更长的波段。因此，作为一架拥有大视场且对红外光极为敏感的巡天望远镜——可见光及红外天文巡天望远镜——是探测早期宇宙中遥远星系的独门利器。



可见光及红外天文巡天望远镜在巡天中所拍摄的一些图像。版权：ESO/UltraVISTA团队；感谢：TERAPIX/CNRS/INSU/CASU。▶

宇宙信息

□谢　懿



▲γ射线暴快速反应探测器于2011年8月24日在旋涡星系M101中所拍摄到的超新星SN 2011fe(右图白色圆圈中)。版权：NASA/Swift/Peter Brown, Univ. of Utah。

白矮星碰撞引爆超新星SN 2011fe

Ia型超新星在人类认识宇宙的过程中扮演了关键的角色。对它们的研究直接导致了宇宙暗能量的发现，这一发现也荣膺了2011年的诺贝尔物理学奖。然而，产生Ia型超新星的原因仍扑朔迷离。

所有的证据都指向了一颗吸积其伴星物质的白矮星，它获得了物质之后变得不稳定并最终爆炸。但这颗白矮星是从一颗类太阳恒星、一颗老年的红巨星还是另一颗白矮星那里获取的物质？或者是通过更为诡异的方式？天文学家希望通过研究它的爆炸遗迹来寻找有关这颗白矮星最后的晚餐的一些线索。

从X射线到射电波段，一个天文学家小组对过去20年中距离我们最近的Ia型超新星SN 2011fe开展了详尽的研究，发现有新的证据表明这颗白矮星是一个极为挑剔的食客，由此推断它的伴星既不是一颗类太阳恒星，也不是红巨星。他们没有发现它最近有吞食物质的迹象，相反该爆炸发生在一个干净得惊人的环境之中。

使用美国宇航局γ射线暴快速反应探测器的另一项研究在观测了大量更为遥远的Ia型超新星之后得出结论，似乎可以排除红巨星作为该白矮星伴星的可能性。

把这些结果综合起来，Ia型超新星可能源自于更为不同寻常的方式，也许是两颗白矮星的碰撞所引发的爆炸。

超高速逃逸行星

7年前，天文学家对于发现了第一颗正在以每小时240万千米的速度逃离银河系的超高速恒星感到不可思议。今天这一发现又激发了理论家们的兴趣，他们猜想：如果恒星能向外被加速到如此极端的速度，那么同样的事情是否也能发生在行星的身上？

新的研究表明，回答是肯定的。超高速行星不但存在，其中一些的速度甚至可以达到光速的百分之几——高达每小时4,800万千米。这些超高速行星的形成机制和超高速恒星一样。当一个双星系统过于靠近银河系中心的超大质量黑洞时，强大的引力就会拆散这个双星系统，其中一颗会被黑洞俘获，另一个颗则会以高速逃逸。

对于超高速行星，科学家研究了如果上述恒星周围拥有一或者两颗行星的情况。他们发现，当一颗恒星被散射出去的时候，它会带着自己的行星一同上路。而对于另一颗被黑洞俘获的恒星，它周围的行星则会被剥离并抛射进广袤的星际空间。

一颗典型的超高速行星向外运动的速度可以达到每小时1,100～1,600万千米，但在理想条件下其中一小部分的速度则有可能高

罕见的“祖母绿型”星系

一个国际天文学家小组发现了一个罕见的矩形星系LEDA 074886，它的形状酷似一颗以祖母绿型切割的钻石。当时该小组的本意是使用昴星望远镜来寻找波江座中距离地球7亿光年的明亮星系NGC 1407周围的球状星团，碰巧在所拍摄图像的边缘发现了这个外形奇特的矮星系。

在我们附近的绝大部分星系可以分为三类：椭圆星系、旋涡星系和不规则星系。而宇宙中最常见的星系则是矮星系，它们很小，光度也低。以前LEDA 074886之所以难以被发现的原因之一正是因为它的矮星系属性。它的质量不足银河系的1/50，到地球的距离则相当于700个银河系首尾相接排开。

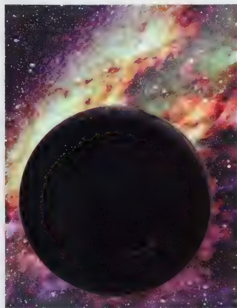
天文学家怀疑其祖母绿型切割的形状可能是由我们观看它的视角所造成的。另一种可能性则也许是两个星系之间的碰撞。此时，业已存在的恒星会被散射入较大的轨道，形成祖母绿型切割的形状，而气体则会下沉，形成盘状并在其中孕育新的恒星。

尽管外形独特，但科学家还是从它身上获取了很多有用的信息。和数值模拟的结果相似，在这个星系矩形的外围没有新的恒星形成，而其盘状的结构则是恒星的产房。由此天文学家们预测，当我们盘状的银河系在30~50亿年之后和盘状的仙女星系碰撞时，说不定也会形成看上去呈矩形的星系。



▲由昴星望远镜所拍摄的矩形星系LEDA 074886的伪色彩图像。版权：Lee Spitler/Swinburne Univ. of Tech.。

得多。由于过于暗弱、太小并且罕见，目前的仪器设备无法探测到单颗的超高速行星。不过，天文学家却可以通过观测超高速恒星来寻找其周围的行星。



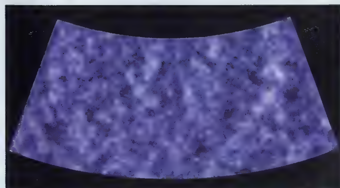
▲星际空间中超高速逃逸行星的概念图。版权：David A. Aguilar/CfA。

南极望远镜支持爱因斯坦宇宙学常数

对10米南极望远镜所获得的数据进行分析，其结果为暗能量——驱动宇宙加速膨胀的神秘力源——最广为接受的解释提供了新的支持。尽管该分析仅使用了其少量的数据以及它迄今所探测到的超过500个星系团中的仅100个，但它仍强烈地支持了爱因斯坦的宇宙学常数。同时，它还会对中微子的质量做出限定。

暗能量的公认特性是它会时时刻刻地作用在宇宙的每一个地方。这恰恰是爱因斯坦的宇宙学常数的表现。爱因斯坦在他的广义相对论中引入这一常数是为了营造出一个静态的宇宙——当时的主流观点。虽然在哈勃发现宇宙膨胀之后，爱因斯坦将其称为他最大的错误之一，但现今无数的天文观测都表明宇宙学常数可以和加速膨胀宇宙很好地相符。其他的理论则提出引力在不同的宇宙尺度上会具有不同的作用。但无论哪种情况，天文观测正在把我们领向未知的新物理学。

南极望远镜是专门设计来探究暗能量的。它工作在毫米波波段，可以对微波背景辐射——宇宙大爆炸的余辉——进行高分辨率的成像观测。当微波背景辐射穿过星系团时，星系团就会在其中留下“阴影”。由此，天文学家就可以来搜寻遥远的大质量星系团，后者可以用来精确地测定暗能量的属性以及中微子的质量，因为这两者会显著地影响星系团的形成。



南极望远镜所拍摄的部分微波背景辐射。版权：SPT Collaboration。▶

1200万光年之外发现“普通”黑洞

一个国际天文学家小组在1,200万光年之外的半人马A星系中发现了一个“普通”黑洞。这是第一次在远离银河系周边区域的地方发现恒星大小的黑洞。

虽然以日常的标准来看黑洞可谓扑朔迷离，但它们却无处不在。当大质量恒星死亡时，会抛射出它们的绝大部分物质并留下一个致密的核心，后者会进一步坍缩成黑洞。在每一个星系中都有数百万个这样的低质量黑洞散布其间。尽管数量众多，但由于本身不发光，因此难以探测。除非它们能和周围的物质发生作用，例如吸积进而加热气体，使之发出X射线。

通过搜寻黑洞吸积伴星物质而发出的X射线辐射，近年来天文学家在寻找双星系统中的普通黑洞上取得了一些进展。之前所发现的这些黑洞都相对较近，要么是在银河系内，要么就位于本星系群中。

天文学家使用钱德拉X射线天文台对星系半人马A进行了6次历时10万秒的长时间曝光，发现了一个X射线亮度是太阳5万倍的天体。一个月后它的亮度下降到了原先了1/10，随后进一步下降到了不足1/100。

这一行为和双星系统中低质量黑洞爆发的最终阶段相类似，在银河系中的低质量黑洞中也有这一特征。这就暗示这是第一次在如此遥远的距离上探测到了低质量黑洞，同时它也第一次为了解其他星系中的不同黑洞提供了机会。

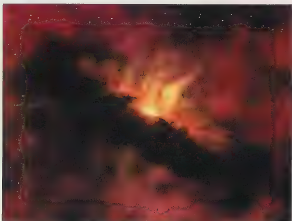


▲星系半人马A的多波段合成图像。版权：X射线（蓝色）：NASA/CXC/CfA/R.Kraft等人；亚毫米波（橙色）：MPIfR/ESO/APEX/A.Weiss等人；可见光：ESO/WFI。

早期太阳系中易于形成有机物

通过把计算机模拟和实验室实验联系到一起，科学家们发现，复杂的有机化合物——包括许多对地球生命来说十分重要的有机分子——可以在原始太阳系中容易地形成。

虽然有机化合物在陨石以及彗星样本中很常见，但它们的起源却是个谜。而它们对于生命起源的重要性，我们也知之甚少。为此，科学家花了多年时间来研究高能紫外线轰击（与在太空中所见类似）冰块时会发生的化学反应，发现它会形成丰富的有机物，包括氨基酸，碱基、核糖核酸和脱氧核糖核酸等。这表明在太阳系形成的过程中也会产生相同的分子。



▲太阳系早期的概念图。版权：NASA/JPL-Caltech。

但有一个问题依然存在，那就是穿行于太阳星云——形成太阳和行星的气体、尘埃云——外围的冰质颗粒（温度低至-243℃）是否能暴露在周围恒星的紫外辐射之下？对太阳星云动力学的计算机模拟表明，其中会产生湍流。它会彻底混合太阳星云中的粒子，有时还会把冰质颗粒托举到太阳星云的高处，在那里它们可以受到紫外线的照射。

这些颗粒还会进出星云中温度较高的区域。虽然其中的每一个尘埃粒子运动都不尽相同，但是在模拟的数百万年里它们每一个都会经历有机物形成所需的环境。这就使得有机化合物形成所需的条件得到了满足，它们分别是：冰、辐射以及加热。

空间观测水星凌日精确测量太阳半径

利用“太阳和日球层探测器”上的迈克尔逊多普勒成像仪对2003年和2006年水星凌日进行观测，一个国际天文学家小组以前所未有的精度测量了太阳的半径。他们测得的太阳半径为696,342千米，误差只有65千米。

之所以能达到这样的精度是因为太阳和日球层探测器位于地球大气层之外，这样可以避免从地面进行观测时地球大气层所造成的干扰。此外，太阳和日球层探测器本身所处的位置也很特殊，使得它能方便地对这一事件进行观测。

1772年天文学家和数学家拉格朗日第一个计算发现在太阳系中存在五个点（后被命名为“拉格朗日点”），在那里地球的引力会“中和”掉太阳的引力，使得位于那里的天体可以真正地体验到失重的感觉。位于拉格朗日点上的小天体和太阳以及地球的相对位置会保持不变。1995年太阳和太阳风层探测器被发射到了位于日地之间、距离地球150万千米的拉格朗日1点，在那里它可以不间断地连续监视太阳上的活动。

水星凌日每世纪会发生12到13次，因此与之类似的观测可以帮助我们进一步认识太阳的内部结构以及太阳能量输出和地球气候之间的关联。目前这个小组正在为观测将于6月6日发生的金星凌日做准备，他们预期新的观测可以进一步地提高对太阳半径的测量精度。

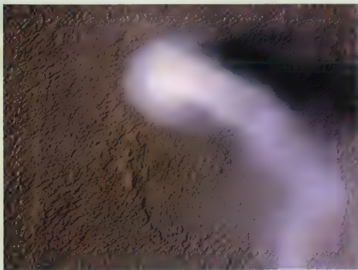
火星上20千米高的尘卷

2012年3月14日，美国宇航局火星勘测轨道器上的高分辨率成像科学实验照相机在火星上拍摄到了高近20千米的尘卷。尽管它有着如此大的高度，但它64米的直径却和一个足球场的宽度相当。

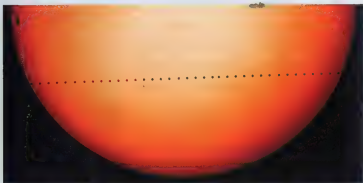
尘卷又称小尘暴，是一种规模较小的旋风，在地球上也会出现。通过卷起地面上的尘埃，它会变得清晰可见。2005年3月9日，火星上的尘卷帮助"勇气"号火星车清洁了它的太阳能电池板，其效率从之前的大约60%跃升到了93%，由此延长了它的寿命。

和龙卷风不同，尘卷通常在晴朗的天气条件下形成，此时地面及其上方的空气由于太阳而被加热。当地面附近被加热的空气快速升起通过其上方温度较低的空气时，如果条件合适，它就会开始旋转。这一图像拍摄于火星北半球的春末，距离夏至还有2周，这时火星北半球中纬度的地面正遭受到太阳最强烈的照射。

从2006年以来，火星勘测轨道器上的6台科学仪器就在不断地严密监测火星。目前正处于扩展任务的它仍在继续为我们提供有价值的信息，这其中包括火星的古代环境以及风、陨石撞击和季节性霜冻是如何改变火星今天的地表的等。



▲于2012年3月14日出现在火星上高20千米的尘卷。版权：NASA/JPL-Caltech/UA。



▲2006年11月8日太阳和日球层探测器所拍摄的水星凌日照片。版权：NASA/ESA。



▲HIP 11952及其两颗行星的概念图。版权：Timotheos Samartzidis。

来自早期宇宙的行星系统

一个天文学家小组发现了一个古老的行星系统，它可能形成于130亿年前宇宙最早的时期之一。该系统包含一颗恒星HIP 11952以及它的两颗行星。虽然行星通常形成于富含重元素的星云，但恒星HIP 11952却除了氢和氦之外仅还有极少量的其他元素。它为早期宇宙中不同于现在的行星形成过程提供了线索。

目前已被广为认同的是，行星都形成于围绕年轻恒星的气体、尘埃盘中。对于已经发现的750多颗太阳系外行星，天文学家发现它们具有多样性。不过，它们也有共性：从统计上而言，如果一颗恒星含有比氢和氦更重的元素（被称为"金属"）越多，那它拥有行星的概率就越高。

然而，宇宙最初除了氢和氦之外几乎不含有其他元素。差不多所有的重元素都是在恒星内部或者在超新星爆发的过程中形成并由后者播撒到太空中的。那么，在极早期宇宙中行星形成又会是什么样的呢？在仅含有少量重元素的恒星周围是否根本就不会有形成行星呢？

这一新的观测对此予以了解答。天文学家在距离地球约375光年的极端贫金属、同时也是最年老（128亿年）的恒星之一HIP 11952周围发现了两颗行星。其实，在2010年就发现了首个贫金属行星系统，但当时被认为是罕见的特例。无疑，这些发现将会进一步深化我们对行星形成的认识。

（责任编辑　李鉴）

天文视点

几个世纪以来，科学家们一直想弄清楚，在我们居住的地球之外是否还有其他的生命。人类发射的探测器在月球、火星和金星上登陆，希望能找到一些原始的生命形式，但至今仍然一无所获。天文学家用巨大的射电望远镜监听宇宙中智慧生命发出的信号，但是宇宙里一片寂静。

在过去的15年里，我们发现了很多太阳系之外的行星。它们围绕其他的恒星公转，不同行星的轨道参数和物理特性差别都很大，仿佛一个个迥异的新世界。最近几年，随着"开普勒"空间望远镜投入工作，已经有超过一千颗系外行星被证认。它们当中有一些就位于母恒星的宜居带里，这意味着行星表面的温度允许液态水的存在。这些最新的发现使得科学家们对地外生命是否存在的讨论变得空前的热烈起来。

关于寻找地外生命，一个普遍的批评意见是，我们只去找那些类似我们在地球上看到的（细菌、动物和植物）差不多的生命（图1）。但是，我们怎么能够认定，地外生命就一定和地球上的生命相类似呢？这确实说不好——也许，当真的找到它们的时候，我们甚至没法辨认它们是不是生命。现在，对于任何一件事，我们都不能说是确切地知道了；但是天文生物学可以为我们提供一些启发。



图1：很多人认为地外生命的形象和人类很接近：两只眼睛、两条胳膊，体型也差不多。但是外星人真的和我们这么相像吗？



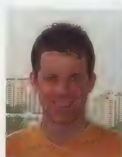
地外生命何所似？

□文 Thijs Kouwenhoven（柯文采） 翻译 程思淼

什么是生命？

为了更好地研究其他行星上的生命，给生命下一个合适的定义是重要的。生命到底是什么呢？地球上所有的生命都具有生长、繁殖和进行新陈代谢（即在体内进行生化反应）的共同特征。它们都由分子构成，组成这些分子的元素主要是碳、氢和氧。地球上每一个物种都在不断地变化着，这样它们才能够在变化的环境中生存下来。在自然选择之下，适应环境的个体越来越多，物种于是发生了进化。这个理论的雏形最早是由英国生物学家查尔斯·达尔文（Charles Darwin）提出的。

不过，即使在生物学家中，关于生物究竟是什么，也还没有一个确切的结论。例如，一般认为病毒介于生命和非生命之间，因为它们只是简单地由几个大分子构成，而且不能离开其他生物的活细胞生存。未来的人造生物或者复杂的机器人也将处在这样一个模糊的边界上。虽然我们还没有一个完美的定义，但对于我们要去寻找的生命，我们总有些切身的感受。



■ 本文作者：柯文采（Thijs Kouwenhoven），北京大学科维理天文与天体物理研究所（KIAA）百人计划学者。

建造生命大厦的基石

地外生命看起来会是什么样子？它们如何演化、



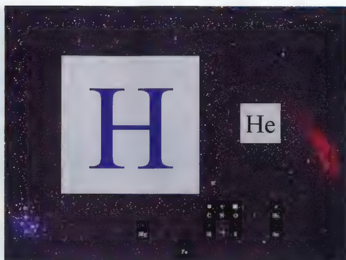


图2:“天文学家的‘元素周期表’”。元素方框的面积与它在宇宙中的丰度成正比。宇宙中绝大多数的元素都是氢、氦、碳、氮和氧。[版权:Mc-Call Research Group]

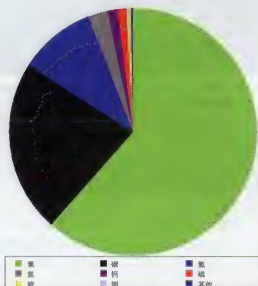


图3:人体的元素组成。一个体重70kg的人,其中包含43kg氧元素、16kg碳元素、7kg氢元素、2kg氮元素和2kg其他元素。组成人体的主要元素正是宇宙中含量最多的那些元素——这看来是很自然的。

发展?它们由什么构成?生命的发展需要足够的复杂性。要想形成生命,我们必须先找到构成生命的合适材料。宇宙中就有这样一些极为合适的材料:原子。原子相互结合,就可以形成各种复杂的分子。不同的分子组合在一起,最终形成了原始的生命。

宇宙中大多数的原子都是氢和氦,接下来依次是氧、碳、氮、氖、铁和硅(见图2)。其中氦和氖是惰性元素,也就是说它们一般不能与其他元素化合,也就没法用来建造生命的大厦;但其余的几种(H、O、C、N、Fe、Si)都可以成为建造生命大厦的基石。因此,当我们看到组成人体的正是那些宇宙中最普遍存在的元素(图3)时,也就不会感到惊讶了。

碳(C)和硅(Si)的原子比其他元素的具有更大的可塑性:它们的每个原子都可以和另外四个原子相连。因此,在构造复杂的生命体时,由碳或硅作为基础的分子就具有很大的优势。地球上的所有生命都是碳基的,但是想象一下某颗行星上存在硅基的生命,这也不是不可能的。在地球上,硅元素的含量是巨大的,它们大多以硅酸盐的岩石和沙土的形式存在;相比之下,碳的含量并不很高。尽管如此,地球上的生命仍然在碳的骨架上发展起来了(图4),这是因为以碳为骨架的分子(有机物)在结构上比硅基的分子(岩石)具有更大的可塑性。

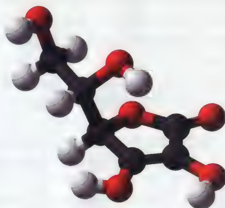


图4:维生素C分子的球棍模型。维生素C是动物体内一种重要的物质。碳原子(黑色)的性质使得这种复杂的分子得以形成。维生素C分子中还有氧原子(红色)和氢原子(白色)。

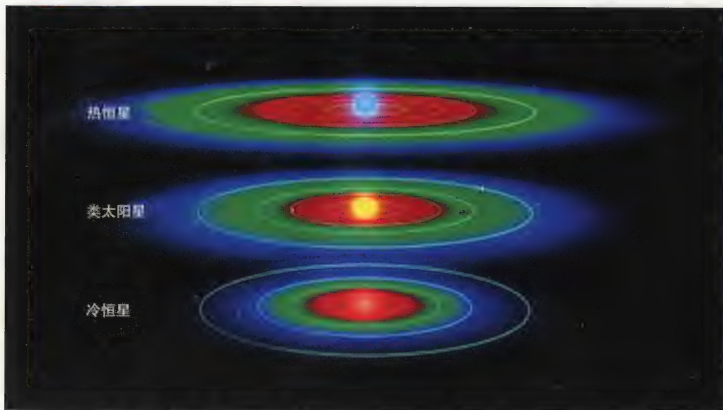


图5：只有在宜居带里，液态水才能在行星的表面存在。行星离母恒星既不能太近也不能太远。"开普勒"空间望远镜最近发现了几颗位于宜居带内的系外行星，它们的表面很有可能有海洋覆盖。

找到一种合适的溶剂：水

仅仅把一堆复杂的分子放在一起是不够的。这样还不足以形成生命，因为什么也不会发生。如果想要生长或者繁衍后代，我们需要进行一些化学反应。为了生长，生物要和环境交换一些物质分子（例如摄食、饮水和呼吸），如果这些分子能够在一种液体里自由地游动，那么化学反应的速率将会大大提高。在地球上，这种液体（溶剂）是水（H_2O）。用宇宙中最丰富的那些元素（H、O、C、N、Fe、Si）制造出其他合适的液体也是可能的，比如甲烷（CH_4）和氨（NH_3），但不幸的是，这两种物质在氧气（O_2）存在的条件下都不太稳定：它们容易被氧化。由于宇宙中广泛地存在着氧元素（在行星上它们就会以O_2的形式存在），看来水还是最合适的溶剂。

一个舒适的居住地

根据以上简单的论述，我们得到了以水作为溶剂的碳基生物。到目前为止，这和我们在地球上看到的生命非常相似。但我们还没有讨论环境：生物需要一个合适的地方生存下去。这个环境不能太热，因为那样的话水就会沸腾，而且构成生物的复杂大分子也会遭到破坏。同样，温度也不能太低，因为低温下水会结冰，而化学反应也几乎停止。综合以上各点看来，最适宜生命生存的地方是一颗位于母恒星宜居带内的、表面有湖泊和海洋覆盖的行星（图5）。一颗明亮恒星周围的宜居行星距它会相对远一些。而围绕一颗较暗的恒星公转的宜居行星离母恒星就比较近。

生命会从这种适宜的生存环境中获取它们需要的物质分子。一些生物（如绿色植物）能够利用太阳辐射的光能制造它们体内复杂的有机物分子。其他生物（如动物）不具有这种能力，它们通过食用其他的生物来获取生命活动所需的有机物。（还有少数生物可以利用其他化学反应，如氨的硝化反应等产生的能量制造有机物，称为化能合成生物。）另外一些分子，如氧气，则可以通过生物的呼吸进入体内。

繁殖与进化

生命区别于非生命的一个重要方面是它们可以进行繁殖。地球上的任何一种动物或者植物都可以产生自己的后代。这样，尽管生物个体不断死亡，但是整个物种却仍然生生不息，并且不断进化。生物的繁殖应当能够把生物体内所进行的生化反应的全部信息（即遗传信息）从亲代完整地传递给子代。在地球上，绝大多数生物的遗传信息载体是DNA（脱氧核糖核酸）分子。每个人的DNA（指每个细胞内的46条）中包含了约3,000 MB的信息，这大概相当于一个U盘的容量。地外生命不一定需要DNA，但它们一定也需要一种分子作为遗传信息的载体。

地球上最原始的生命，如细菌，是通过二分裂（即分裂成两个与自身一模一样的新细菌）的方式来繁殖后代的。这是一种

无性生殖的方式，它的优势在于简单而快速，缺点则是这样产生的子代细菌几乎和它们的母体一模一样——这意味着，如果环境发生了不利的变化（比如受到某种病毒或毒素的侵袭），那么整个种群都会灭亡。在这方面，有性生殖的情况则要好得多。在有性生殖的过程中，来自父母双方的DNA组合到一起，为子代提供了基因重组的可能。于是原来分别在父母双方表现出的优良性状，就有可能组合到同一个子代个体身上，这些个体因而具有更强的生存能力。另外，基因重组也可以提供适应新环境的性状组合，在环境发生变化的时候，整个种群也就能够得以延续。大多数植物和全部动物都采用有性生殖的方式繁殖后代，它们因此能够发展出比细菌更加复杂和强有力的身体。那么外星生物是如何繁殖后代的呢？它们也有雌雄之分吗？这些我们现在还都不知道。

DNA复制是生物繁殖时的重要过程。在这个过程中，发生错误是在所难免的，于是子代的DNA就与亲代的略有差异（即基因突变）。多数时候，这些突变的结果对个体是有害的，突变的个体难以生存下去。但在少数情况下，突变的个体在环境中具有生存的优势，比如某个突变的基因可能使生物个体对某种毒素或疾病产生抗性。这些个体于是获得了更多的生存机会，并把这种优势传递给它们的下一代。地球上的生物就是在以这种方式不断地进化着。查尔斯·达尔文首先发现了这个他称之为“优胜劣汰”的自然规律。不断地进化、不断地适应变化着的生存环境，这也许是生命最重要的一个特征。无论地外生命何所似，我们几乎可以确定，在那里，自然选择的法则仍然使用。

生物与环境

我们身边的一切生物，它们都能对外界的刺激做出一定的反应。植物向光生长以获得更多的阳光；狗闻到肉的气味，它们会做出相应的反应；蝴蝶寻找鲜艳的花朵；而猫看到狗的时候就会逃走……人类具有视觉、听觉、触觉、嗅觉和味觉。自然，地外生命也应该可以对身边发生的刺激产生感觉。它们可能也具有一些化学感受器，能够感知到空气中存在的特定分子（即产生嗅觉）或者液体中的特殊物质（即产生味觉）。听觉是可能的，只要它们能够感受到空气中的震动；如果它们的身体上存在着电磁波感受器，那么它们同样也可以产生视觉。

这些感觉对于生物觅食、躲避天敌和寻找配偶等活动都是十分有益的。一些生物可能会通过声音信号（比如狗的吠叫）、化学信号（如臭鼬）、甚至发光（如萤火虫）来向其他生物传递信息。生物能够对附近发生的事情产生反应，这在进化的角度看来是有巨大优势的。因此我们可以推想，在一定程度上，地外生命很有可能也具有感觉甚至是交流的能力（图6）。

智慧生命

以上我们的讨论还仅限于原始的生命形式、类似植物的以及类似普通动物的生物。现在的问题是，在那里是否能够发展出具有智慧的生命。在地球上，人类是唯一具有智慧的生物。



图6：在地球上，花朵通过鲜艳的颜色吸引蝴蝶，狗通过吠叫相互交流。地外生命之间是不是也能通过某种方式——比如光信号——相互传递信息呢？

无疑，无论是在觅食、面对天敌，还是寻找伴侣的时候，智慧对人类都有巨大的帮助，对人类的生存和发展起到了至关重要的作用。因此，智慧也许正是达尔文理论中物种进化的结果。

我们还不知道地外生命能否发展出智慧和意识——这在宇宙中也许是极为自然和平常的，但也可能是相当罕见的事情。如果存在智慧生命，那么它们就可能会使用工具和语言，并且发展出自己的文化和科技。一些哲学家认为，智慧文明所能维持的时间是相当短暂的，因为它们会发明武器，并且最终会在某个时候制造出足以毁灭整个文明的核弹。另一方面，由于智慧在自然选择下具有绝对的优势，智慧生命的数量会过剩，而环境污染会因此加剧，最后也会导致物种的灭亡。这也许就是我们至今仍未在外太空发现任何生命讯号的原因。

这篇文章的所有内容都只是推测——了解到这一点是十分重要的。但是，它们都是有科学依据的推测。到现在为止，天文学家在地球之外还没有发现任何生命的迹象。很多科学家期待着长相与我们人类相似的外星人，但这一切仍还都是未知。新的发现总会让天文学家大吃一惊——可能在不远的将来，我们就会发现地外生命的踪迹。也许到那时我们会发现，我们现在关于地外生命的认识是多么地错误！

（责任编辑　李鉴）



中美合作

图1：国家天文台派遣的观测人员和博克望远镜的观测助手（前排中）

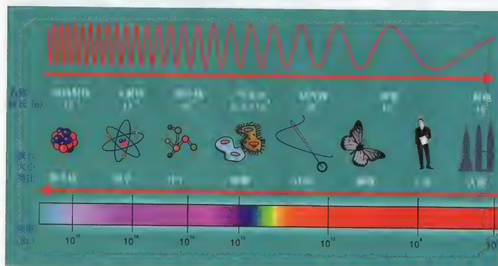
所谓“巡天”，就是对星星进行“人口普查”，即尽可能多地搜集、记录全天各类星体的亮度、位置、颜色等各种物理信息。巡天是开展天文研究的基础，也是各类天文发现的源头，其重要性无可替代。比如上世纪50年代蜚声全球的帕洛马巡天（Palomar Sky Survey）、近年来功勋卓著的斯隆数字巡天（Sloan Digital Sky Survey, SDSS）和两微米近红外巡天（The Two Micron All Sky Survey,2MASS）等，都对现代天文学的发展起到了巨大的推动作用，它们所取得的数据为全世界的天文学家广泛应用，成为人类认识宝库中弥足珍贵的财富。

中美合作实施的“南银冠u波段巡天”（The South Galactic Cap u-band Sky Survey, SCUSS, 网址 http://batc.bao.ac.cn/Uband），就是一项现代化的高水平巡天观测项目，由中国科学院国家天文台和美国亚利桑那大学天文系斯图尔德天文台（Steward Observatory）于2009年共同签署。该项目从2009年开始，将于2013年截止，主要负责人是国家天文台周旭研究员和美国亚利桑那大学图像技术实验室的迈克尔·莱瑟（Michael Lesser）教授。

项目的主要任务，是在2010~2012年的秋冬季节（9~12月

超链接：什么是u波段？

所有天体都以电磁波的形式辐射出能量，电磁波可以根据波长的长短划分成一个个的波段。较“冷”的天体，发出低能量的长波辐射——称为“射电波”（即波长1mm以上的电磁波）。随着天体的能量升高，温度上升，辐射电磁波的波长变短至小于1mm，成为频率更高的“微波”，大爆炸后残留下的宇宙微波背景辐射就属于此类。能量继续增加、波长继续变短，就到了“红外”波段（意思是“红色之外”，因为红色是人眼可见的波长最长的电磁波）。波长再短，则成为我们人眼能见到的“可见光”。比它更短的，是另一些不可见的电磁波段，高能天体的辐射多在这些波段：紫外线（意思是“紫色之外”，因为紫色是人眼能见到的波长最短的电磁波）、X射线，以及能量最高、波长最短的伽玛射线。



可见光的波长大致在4000~7000埃（1埃=10^{-10}米）之间，而天文学上的u波段指的是紧挨着可见光紫端的一个较窄的波段。天文学家使用u波段滤光片来让波长为3000~4000埃之间的电磁波（或曰光子）通过望远镜并汇聚到探测器上，其中以中心波长为3550埃的光子为主，基本超出了人眼的可见范围。这些电磁辐射大多是一些年轻的大质量恒星发射的，所以u波段的图像中，年轻恒星、星暴星系、星系中的恒星形成区等都是非常明亮的。在天文观测上，还经常使用g、r、i、z等不同波段的滤光片，与u波段一起构成了一整套波长范围涵盖3000~1000埃左右的测量系统。事实上，我们常见的RGB颜色系统就是把可见光分成了三个波段（不同波长对应不同颜色，R、G、B分别是红、绿、蓝），而天文上用的这套系统只不过是分得更细、覆盖范围更广而已。

开启新巡天

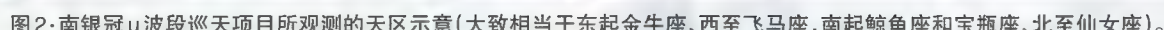


图2：南银冠u波段巡天项目所观测的天区示意（大致相当于东起金牛座、西至飞马座，南起鲸鱼座和宝瓶座、北至仙女座）。

份）派遣国家天文台的观测人员前往美国亚利桑那，利用斯图尔德天文台的90英寸（2.3米）博克望远镜进行南银冠天区3700平方度的u波段（中心波长3550埃，1埃=10^{-10}米）巡天，获得的观测数据归国家天文台所有。博克望远镜位于美国亚利桑那州基特峰，海拔两千多米，常年气候干燥，晴天数多、视宁度佳，非常适宜天文观测，是世界著名的天文台站（详见《天文爱好者》2012年第2期“基特峰观测散记”）。

目标：为“郭守敬望远镜”（LAMOST）打头阵

为什么要选择南银冠天区而不选择别处呢？这是因为，本项目的主要目的是为国内最大的光谱巡天望远镜——郭守敬望远镜（LAMOST）提供高质量的u波段输入星表。所谓“输入星表”，是因为在选取郭守敬望远镜的观测目标时，需要利用目标天体的“测光信息”（如亮度、颜色等）来进行筛选，而这些信息需要从已知星表或者其他望远镜的测光数据来获得（注意，郭守敬望远镜获取的是天体的光谱而不是测光数据），这类星表就是郭守敬望远镜的“输入星表”。打个不恰当的比方，这就好比我们上医院看病常常要先验血再拍X光片一样，测光工作（好比验血初查病因）要做在光谱观测（好比拍片寻找病变部位）的前面，做到“有的放矢”，这样才不致于浪费郭守敬望远镜的观测能力。

郭守敬望远镜位于河北省兴隆县，每年的最佳观测时间是秋冬季节，而这时在兴隆观测站（北纬40度左右）最适合观测的天区，就是南银冠里的一部分。因此我们的巡天也集中于这片天区。所谓“南银冠”，指的是“银道坐标系”（这是专业天文术语，大家不必深究）里南银极（位于玉夫座）周围的一片天区。我们的巡天天区是其中的一部分，大致相当于东起金牛座、西至飞

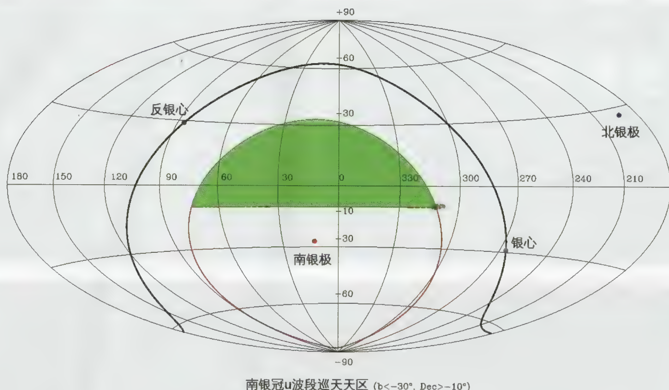


图3:绿色区域是南银冠u波段巡天在"赤道坐标系"中的位置分布。中心线上的数值(横坐标)是"赤经",即从春分点(赤经为0的中心点,现在位于双鱼座)沿着天赤道从西向东起量的角度,纵坐标是"赤纬"("赤纬"与地理纬度的定义类似:以角、分、秒为单位,从天赤道往北或往南起量)。南、北银极是从太阳作垂直于银河系盘面(称为"银道面")的直线,与天球相交的那两个点。红圈所示区域即为"南银冠",其中的绿色部分就是我们的巡天区域。

超链接:郭守敬望远镜(LAMOST)

坐落于国家天文台兴隆观测基地的郭守敬望远镜,由我国科研人员自主研制,有效口径3.6~4.9米,视场达5度(口径相近的常规天文望远镜视场通常都在1度以内),是目前世界上口径最大的大视场望远镜。它的主要任务是观测天体的光谱,而且在这方面威力惊人,可以在一次观测中同时获取4000个天体的光谱!也是世界上光谱获取率最高的望远镜。



马座,南起鲸鱼座和宝瓶座、北至仙女座(图1),也就是图2中的绿色区域。目前在我们已观测的2000平方度的天区里有740多个NGC天体(见http://batc.bao.ac.cn/Uband/documents/ngc-html-zhouxu/),在巡天结束的时候,在我们的观测图像中应该可以找到1000多个NGC天体。

为什么要选择u波段而不选择别的波段呢?因为在南银冠天区,u波段的测光星表相对匮乏。尽管目前的斯隆数字巡天有部分的覆盖,但是由于其深度不够,并且有1/3的天区没有观测数据,无法很好地满足郭守敬望远镜的选源需要,因此更深、更精细的u波段巡天是很有必要的。

除此以外,利用南银冠u波段巡天的观测数据还可以进行如下的科学研究工作:1、提高发现中等红移类星体的效率;2、进行星系中星族年龄和金属丰度的研究;3、提高近距星系的红移测量精度(红移z<0.2,红移是与距离密切相关的指标,红移越大,星系离我们越远);4、探索银河系的结构。

新技术助力:直视宇宙更深处

在项目签署后的2009~2010年间,亚利桑那大学图像技术实验室的负责人迈克尔·莱瑟教授对安装在博克望远镜主焦点上的CCD相机进行了全面的改造和升级,使望远镜探测器的视场从以前的0.5度×0.5度(像素4k×4k)扩大到1度×1度(像素8k×





图 4：上：本项目观测的 NGC7089 ，位于宝瓶座的球状星团，下：SCUSS 观测的 M65(NGC 3623)，是一个位于狮子座的漩涡星系。

8k)，像元大小为 0.45 角秒。由于视场扩大的原因，巡天的速度提高为以前的 4 倍。

新的蓝敏 CCD 相机在蓝端的量子效率也大大提高，在 u 波段处的量子效率可达到 85%，因此巡天的速度也比以前更快。目前在 5 分钟曝光的情况下，能拍摄到的最暗星体的星等可到 23 等以上(我们人眼最暗只能看到 6.5 等，比这亮了差不多 400 万倍)，这比著名的斯隆数字巡天(SDSS)还深 1.5 星等(2.5 米望远镜，53 秒曝光)，也就是说，我们能拍摄到比 SDSS 暗 4 倍的天体。一旦完成全部天区的巡天任务，所获得的观测数据可以做很多斯隆数字巡天无法完成的工作。正是由于这个原因，国内各个单位的天文学家都积极地参与到项目中来，除了亚利桑那大学外，还有上海天文台、北京大学、南京师范大学、中科院研究生院的学者积极加入。

在拍摄时，我们使用的 4 块 CCD 相机之间存在大约 1 角分宽的拼接缝(也是拼接 CCD 相机阵列的通病)，因此对于同一个天区，一般都要观测两次，每次曝光 150 秒，第二次曝光相对于第一次在赤经和赤纬方向均移动 1 / 4 度，这样才能保证没有遗漏。经过 2010 年 ~2011 年秋冬季的观测，项目组已得到了超过 2000 平方度天区面积的图像。并且开发出了成熟的管道式数据处理程序(Pipeline)，对于所有的图像可以自动进行偏场和平场的处理，然后进行图像合并，从而提高图像的信噪比，并消除宇宙线的影响。正是在这些软硬件系统的共同助力下，我们才能得到比斯隆巡天(已有的部分)数据更深的极限星等。这个结果是令人振奋的。一旦南银冠天区 3700 平方度极限星等为 23 等的 u 波段星表数据释放，国内外的天文学家都可以利用这些数据进行前文所述的多方面研究工作，这也将会提升中国天文学家在国际上的地位和影响力。

按原定计划，整个巡天预计将于 2012 年底基本完成观测，2013 年将发布星表和合并图像。就让我们共同期待吧！

（责任编辑　李鉴）

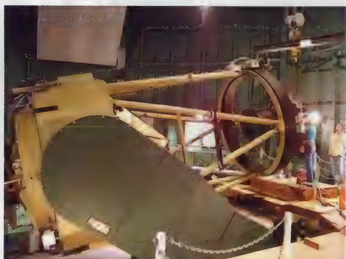


图 5：工程师们正在把升级好的新 CCD 相机安装到博克望远镜的主焦点上

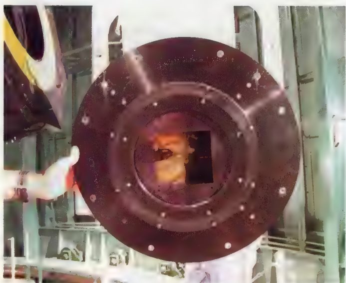


图 6：博克望远镜的 8k×8k 蓝敏 CCD 相机阵列，由四个 4k×4k CCD 相机组成。

流星漫谈(七)

□程思浩

前面两期我们总体介绍了流星光谱的知识，可我老远就听到读者不耐烦的抱怨了：你快点说要怎么拍吧！下面这两期笔者将谈谈自己的拍摄器材、用法以及经验。初次尝试，就算是先抛一个砖。相信以后一定会有更好的作品和更好的数据涌现出来。

分光元件

由于拍摄流星时需要较大的视场，同时流星是很远的线状光源，其分光元件应是物端棱镜或者物端光栅。最早大家都用棱镜，因为当时尚无法大批地制造高精度的透射光栅。光栅有透射和反射之分，出于视野的考虑，在镜头前是不能放反射光栅的。普通的光栅将相当多的光留在了不色散的"0级"，因而最好用"透射闪耀光栅"。闪耀光栅将衍射的"0级"和干涉的"1级"重合。我们上一期提到过，干涉1级是有色散的，因而闪耀光栅可以让最终的光谱具有足够的亮度，同时它的设计者还用了一个"小伎俩"，就是让干涉条纹的间距和衍射条纹一样，使得其他各级干涉极大正好对应衍射极小，从而最大限度地将光线集中在干涉1级，减少光损失。闪耀光栅只对特定的波长有完全的闪耀作用，相距较远的波长仍会有相当大的光损失。

棱镜的优点是较便宜、光损失少，缺点是色散程度有个偏小的上限、且非线性，重量大，结构不对称。光栅反之。因此，广角镜头必须用光栅，标准到长焦镜头可以考虑棱镜。

笔者只尝试过用棱镜拍流星光谱，故只能介绍自己的经验。淘宝网上有出售闪耀光栅的光学店家，25x25mm的光栅大概是320元。光栅的刻线密度越大色散越强，读者可以自己计算所需的规格，或者用下文介绍的zemax或其他光学软件模拟。Zemax原本是很贵的工程软件，不过在网络上有个别破解版本。本文不做过多介绍。

我的物端棱镜

棱镜的购买对多数爱好者来说是拍光谱的最大困难，尽管前几年曹军老师在《天文爱好者》上介绍过自制棱镜光谱的方法。那是一种直视棱镜组，就是说取景

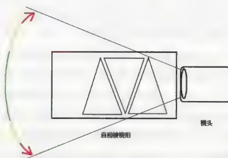


图1：直视棱镜的原理。两边的让光向下偏折的是低折射率的玻璃，中间的让光线向上偏折的是高折射率的玻璃，最终光线仍正直着入射镜头，但中间玻璃没有完全抵消两边玻璃的色散，因此最终仍有色散效果。但是由于棱镜组太长，导致视野狭小。如图，原本镜头的视野，只剩下中间绿色的可用，黄色的是被部分遮挡变暗的视野(晕角)，红色部分完全黑暗了。这就像从水管中看天一般。这个原理是光学仪器必须考虑到的。广角镜头很难配备棱镜，原因就在于此。

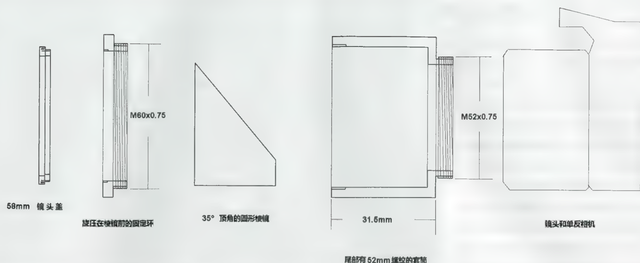


图2:我的棱镜装置的剖面图。除了相机和镜头以外,镜头盖、固定环、棱镜和套筒构成了整套装置,做9个平均下来成本大约520元。M52x0.75是螺纹的规格,指最大直径52mm而螺纹间距是0.75mm的螺纹。找金工定做时需要说明。

方向和镜头方向是一致的,而我们知道单个的棱镜是会让光发生偏折的。但是如图1所示,为了达到"直视"的目的,中间那块棱镜也抵消了很多的色散,三块棱镜的色散程度可能还不及一块棱镜;而且,无论镜头、望远镜还是光谱仪器,都要考虑视场和进光量的问题,就需要大块的棱镜,而三块显然没有一块划算。综合考虑,直视棱镜组并不适合流星光谱的拍摄。光学仪器和其他产品一样,做得越多越划算,这一规则甚至体现在1个与10个间的区别。为此,笔者专门设计并找光学工厂订做了9块棱镜(目前还有存货哈。)

我的棱镜装置共有4个部分,58mm镜头盖、旋压在棱镜前的固定环、顶角35度的棱镜和一个尾部有52mm螺纹的套筒(可以配置其他的转换口以适应58mm、67mm等接口的镜头)。棱镜表面镀以MgF_2增透膜以减少反射并保护玻璃表面不受潮湿空气的腐蚀。这套装置同时也可以用于其他业余光谱工作当中,成本为五六百元。为了让该棱镜也能用于其他滤镜螺纹规格的镜头,可以将不同的滤镜转换接圈(52mm转58mm,52mm转62mm等等)拧在套筒和镜头之间。设计图如图2所示。棱镜的玻璃为成都光明玻璃厂的ZF6重火石玻璃,氧化铅含量较高,因而提供了较高的折射率和色散率。但是这种铅玻璃非常容易受潮而在表面形成污迹,因此必须镀膜。

套筒和固定环为铝制。整个装置重量约为250g,在佳能最摇摇欲坠的两款塑料镜头——50mm f/1.8和75-300mm f/4-5.6上试验还未导致故障。棱镜的色散是非线性的,在表1中给出了接在50mm焦距的镜头前时的色散能力。我们可以看到棱镜在蓝色端的光谱分辨率是非常高的,红端则要逊色很多。由于数码相机具有明确的分辨单位——像素,而不同数码

超链接:"色差"与"阿贝数"

有几条非常经典的光谱线经常用在光学器材的参数上,其中尤以C(656nm)、d(587nm)、F(486nm)最为著名:它们对应着红色、黄色和蓝色光。比如说我们知道折射式望远镜有着不可能完全消除的"色差"(chromatic abbreviation),而"消色差"(achromatic)指的就是让C光和F光的焦点重合的望远镜;"复消色差"(APO)就是让C、d、F的焦点都重合的望远镜。

笔者自制棱镜的ZF6玻璃数据为d光折射率n_d=1.75520,阿贝数V_d=27.53。阿贝数是衡量玻璃色散程度的一种方式,$V_d=n_d/(n_F-n_C)$,所以其数值越大色散越小;冕牌玻璃的阿贝数为50-65,火石玻璃为25-50,低色散的ED玻璃则可以达到80甚至90以上(图3)。倘若读者希望自制合适的光学仪器,了解这些知识是很必要的。幸运的是,我们现在有强大的软件帮忙,省去了更多计算的麻烦。比如在美国人开发的软件zemax上就可以方面地进行光学仪器设计,尽管你可能像笔者一样,还没怎么学懂像差理论。

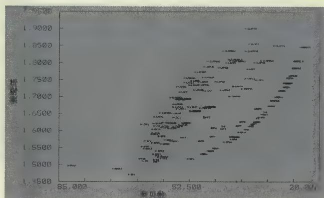


图3:成都光明玻璃厂光学玻璃的"折射率-阿贝数"图。其中F表示火石玻璃,K表示冕牌玻璃,其前面的字母表示更进一步的分类——ZF是重火石,BAK是钡冕,LAK是镧冕,FK是氟冕等。可以看出,总体上折射率越大色散能力越强。注意最左下角那个FK61,阿贝数已经超过了80,可以称作ED玻璃了。如大家所知,K和ZF是最常见的玻璃,价格因而也较低。

表1:笔者所做棱镜装置的光谱分辨率。

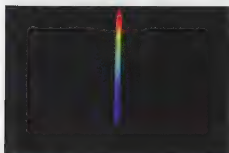
波长(Å)	4000	4400	4800	5200	6000	6500	7000
6Å 分辨率(μm)	12.5	8.5	6.1	4.6	3.0	2.2	1.7

相机像素的大小却不相同,故笔者用"6Å分辨率",也就是波长相差6Å的光,在像平面上被分开的距离而不是像素数,来表示光谱分辨率。连接其他镜头时的光谱分辨率可由表1中的数据推算得出。

既然这套棱镜不限于拍摄流星光谱,笔者先就来介绍一下用它拍恒星光谱的方法。首先,要拍摄恒星光谱,请用长焦镜头。其次,上期提到过点状恒星的光谱是一条线,很不好看的。一个办法是用软件把它拉开成图5的样子——非常完美。不过前提是你得背上精准的赤道仪去农家院。"我不喜欢负重。我只想轻松自在地带着双筒,背个相机,踏着夜色出发,顺手拍拍银河神马的;再说还要领着朋友呢,哪有手拎赤道仪。那么,你的装置是不是变废物了?"

错。只要你搞懂了棱镜是怎么工作的,拍出图5这样的照片易如反掌,因为,图5的恒星本来就不是用软件展开的,而是斗转星移"走"出来的。只要找到想拍的亮星,架好脚架,旋转相机和棱镜让分光方向和周日视运动方向垂直,曝光30秒就可以得到图4了;再把斜的拉直,是为图5。

我们可以看到心宿二除了明显的纵向谱线,还有很多横向的暗纹。这是什么?答案见图5注释。这种方法的问题在于,我们只能拍很亮很亮的天体,而全天1等星也没有几颗,或许拍上十几次就会厌烦了。假若有一天能出现一颗白日超新星什么的,我们可以试试。确定拍摄参数时,别忘了用我们前几期提到的信噪比分析办法!



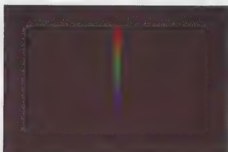


图4:左图为郊区拍摄的织女星光谱,右图为城区拍摄的五车二光谱。从严格的信噪比角度,尽量减少曝光时间是正确的。不过鉴于笔者对宽宽的原始光谱情有独钟,织女星又是那么明亮耀眼,再加上我们翻山越岭来到山间,理论,就先靠边吧!这充分说明,漆黑的夜空才是王道。

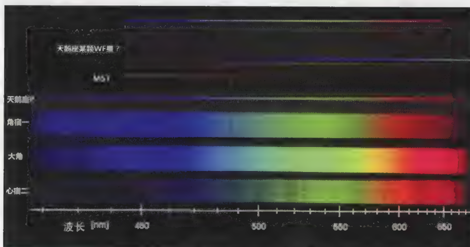


图5:笔者用棱镜装置和佳能75-300mm f/4-5.6镜头以及450D拍摄的部分天体光谱。这个镜头价格很低,但足以应付简单的光谱工作。拍摄时用300mm,f7.1,可以最大限度减小镜头色差和各种像差带来的模糊。尽管如此,从M57中仍然可以看出Hα图像的模糊。天鹅座P是著名的蓝超巨星,拥有明亮的氢的发射线和黄色的氦发射线,这是它炽热的外层大气所致。恒星光谱中明显的横向条纹是抖动大气的杰作。根据拍摄原理,每一刻恒星光谱都是横着的一条线,随着纵向的视运动拖线成如图形状;大气抖动时恒星忽明忽暗,所以不同时刻的光谱有明有暗;心宿二地平高度最低,受到的影响因而最突出。此图均为2011年4月3日在石塘路所摄,城区内的天光过重,很难拍到如此明澈的光谱。唯一遗憾的是笔者当天莫名其妙地使用了Jpeg格式。下面的标尺是用zemax软件算出来的。

流星光谱拍摄方案

镜头:"漫谈四"(2011年12月《天文爱好者》)中我们讨论过拍流星雨辐射点时的镜头选择。这里介绍的光谱拍摄其实就是那种方案的一个延伸。因此大光圈的标准镜头或中焦镜头都是理想的选择。对业余爱好者来说,这种镜头效率高、设计和制作技术成熟,具有很高的性价比。长焦镜头可能会提供更高的效率和光谱分辨率(因为用在50mm镜头上时,光谱分辨率受限于棱镜的厚度和重量),但也需要更好的(也更沉的)赤道仪。因此50mm f/1.8,85mm f/1.8,50mm f/1.4,100mm f/2等规格优势明显;即使是二手镜头也不错。

相机:数码单反无疑是最合适的相机选择。它不比一套大画幅摄影器材贵,在生活也能经常用到,比胶片的感光性能又高出十几倍。尽管"输出彩色的照片"这一点在传统的天文工作中是个非常致命的弱点,但在这里它巧妙地提供了通过颜色迅速判断谱线的办法;尤其当流星光谱中只有一条或两条谱线可见时,这非常重要。

相机的品牌当然无所谓,但"实时取景"这个功能(Live View)的确是非常实用的;较大画幅的相机也会有优势。"实时取景"让对焦更轻松准确,这意味着更充分地利用了相机的分辨率。用50mm这样较短焦距的镜头拍摄流星光谱面临的最大问题其实当属光谱分辨率了,因为棱镜的顶角是不能无限增大的,因此棱镜的分光本领不可能像光栅那样要多高有多高。

关于取景的问题,"漫谈三"(2011年11月期《天文爱好者》)中也详细地讨论



图6:2010年双子座流星雨时笔者在北京密云石塘路架设了这套器材,收获颇丰。左边是200mm镜头直指辐射点,右边是50mm f/1.8镜头接棱镜,注意它们的取景方向其实一样,但棱镜会偏折光线,所以相机指向看上去不一样。这就是造成光谱装置取景困难的原因。

过:靠近辐射点的区域是用非广角镜头拍摄流星雨时的最佳区域。然而也并非越近越好,光谱拍摄时也有特殊的因素要考虑,比如经过分光,在取景框或液晶屏里用50mm f/1.8镜头通常只能看到2等以上星的光谱;在规划取景时就不得不考虑现实性,我们能否按计划把相机指向正确的位置?从而在制定计划时就应选择一些亮星作为定标,并估计到它们色散后的形状,又或是分光方向。

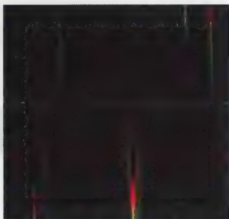


图7:飞行方向和分光方向一致的一颗流星,它的光谱只好重叠在一起了。这在设计取景时是要尽量避免的。

无论是用什么方案拍流星光谱,都应当尽量让流星的延展方向和分光的方向垂直;假如它们平行,所有的谱线都会重叠在同一条直线上,图7就是这样一个例子。因此,要让更多的流星都能沿垂直分光的方向划过,在拍摄辐射点附近天区时是有困难的。一个折中的办法就是让辐射点位于照片短边的中点或更远一点的位置,如图8。

为了减小大气消光,特别是当辐射点位置较低时,将相机对准高于辐射点的位置更好。但前文也曾提到在地平线附近似有一圈流星出现非常多的区域,这样看来将相机指向辐射点下方也是有道理的。总之,观测者可以根据实际情况自己做出决定;但需要注意的是,尤其是对于想要叠加出华丽的流星光谱照片的同好来说,频繁改变相机指向会造成图像处理和分析的困难,因为这时的恒星已成为一条条彩色的线,恒星的位置和色散方向共同构成了恒星背景的形状,甚至转一转相机照片就没法叠加了。

曝光:前文已经提过,背景亮度的增加会毁掉暗淡的流星光谱的细节。具体的曝光时间取决于光圈和天空状态。光圈不仅影响曝光,还会影响像质。旋转快门的使用可以减少背景天光。除非观测地天空非常黑暗,否则笔者建议不要让曝光时间高于30秒。

流星:几乎只能是流星雨的流星。慢速流星比快速流星更容易被拍到。尽管如此,偶发流星通常每晚也可以拍到一颗。

赤道仪:与普通流星摄影不同,光谱摄影几乎必须用准确的赤道仪进行跟踪。让我们来回忆一下"漫谈五"中那幅飞机过境的照片吧!恒星光谱拖线造成的大面积的彩带,想必每个摄影爱好者都不希望看到。好在30秒钟曝光对赤道仪的要求并不很高。如果精度实在有限,可以让恒星拖线方向与分光方向一致以补救。

其他:1)特别是对于佳能EF 50mm f/1.8镜头来说,调焦环非常松,需要用胶带加固。高水汽含量会降低胶带的粘性而导致散焦,但寒冷对此没有影响。因此观测过程中一定要定期检察胶带的状况。2)最好用相机的RAW格式存储图像。RAW格式可以提供线性感光,在电脑上也可以读取。如果镜头焦距不是太长,比如50mm,最好采用最高分辨率。■

(责任编辑 李鉴)



图8:3张2010年12月14日双子座流星雨的夜晚拍摄的照片的叠加。这可以作为取景的示例。照片几乎把整个双子座纳入其中。双子座流星雨辐射点位于图像右边缘中点附近,如红色星号所示。图像反相黑白处理。



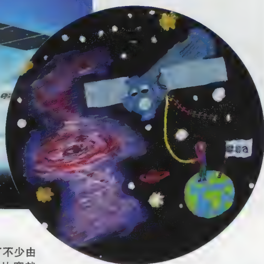


图1:为了配合"牛顿卫星"的发射,欧洲空间局举办了不少由公众参与的活动。"Draw me a telescope"绘画比赛就是其中的一项,其目的是增强儿童对科学的兴趣。本图为比利时小学生的获奖绘画作品。(ESA/Els Schutyser)

空间望远镜巡礼

欧洲空间局的"牛顿"卫星

□李开封

在美国的"钱德拉X射线天文台"(CXO)成功之后,欧洲发射了"牛顿卫星"(X-ray Multi-Mirror Mission ——Newton,简称XMM-Newton,题图)。这二者常被称为二十世纪末高能天文卫星中的双璧。

卫星简介

"牛顿卫星"的概念于1982诞生在欧洲,当时有科学家提出了一种全新的关于X射线望远镜的设计方案:即将不同口径的掠射式望远镜一个一个地套起来,以增加接收面积,从而提高望远镜的灵敏度。不久,为了避免受制于人,又有人提议欧洲应该建造自己的X射线摄谱仪。这两项提案就是"牛顿卫星"的最初概念。

1984年,为了尽快提升自身实力,正处于起步阶段的欧洲空间局制定了未来十几年的科学规划,这就是"地平线2000"(Horizon 2000)计划。在"地平线2000"的诸多航天项目中,有四个项目被称为"基石任务"(Cornerstone Mission),它们的共性是:在全球范围内具有突出并领先的科学意义。这一特点也导致了隶属于"基石任务"的卫星规模大、科学预算多、研发周期长,对科学界和公众的影响也深(图1)。

在整合了上面提到的套筒式X射线望远镜和高灵敏度X射线摄谱仪之后,"牛顿卫星"的方案浮出水面,并有幸成为"基石项目"一员,于1985年成立预研项目组。除了"牛顿卫星"以外,另外三个"基石项目"中的成员是(按发射时间先后顺序):日地关系研究计划,包括大名鼎鼎的SOHO卫星和"团星II"(Cluster II)的四颗卫星;用于对彗星进行实地采样研究的"罗塞塔"(Rosetta)探测器;用于观测天体远红外线和亚毫米波的"赫歇尔空间望远镜"。

"牛顿卫星"重3.8吨,是欧洲建造过



图2:在法国图卢兹的空间中心(Cité de l'espace),有一个1:1的牛顿卫星模型,以便公众直观地了解这个庞然大物。


图3:"牛顿卫星"携带的光学望远镜,该望远镜与X射线望远镜共轴。(Mullard Space Science Laboratory)

的最大的科学卫星。其主体长10米,这一尺寸接近了欧洲最大的阿丽亚娜V(罗马数字5)型火箭的运载极限。当卫星的太阳能电池板完全打开时,翼展更是达到了16米(图2)。

卫星科学载荷的主体是由意大利承建的三个套筒式X射线望远镜。每一个都有半吨重,分别由58个独立的、孔径由外至内依次递减的掠射式望远镜嵌套组成。这些掠射望远镜表面镀金,以提高反射率。而且它们的焦距都一样,都为7.5米。这种汇聚于一点的套筒式结构可以有效提高望远镜的接收面积。在软X射线波段,"牛顿卫星"的总接收集面积为4300平方厘米,比其他的X射线望远镜(包括"钱德拉")都要大许多。终端探测设备是欧洲光子成像相机,由英国的莱切斯特大学负责,欧洲四国(英国,意大利,法国,德国)的十家机构联合研制。为了拍摄天体的高能光谱,"牛顿卫星"还装有荷兰研制的反射光栅摄谱仪。

在"牛顿卫星"上,同时还有一架口径30厘米的反射望远镜,叫做光学监视仪(Optical Monitor,简称OM,图3),与X射线望远镜共轴。这样做,就可以在拍摄天体的高能图片时,同步进行可见光及紫外波段的监测(波长为1700~6500埃)。该设备由伦敦大学学院(University College London)的穆拉德空间科学实验室(Mullard Space Science Laboratory)提供。另外,卫星上还载有法国的粒子探测器,用于研究地球辐射带及源自太阳的高能粒子流。

卫星发射成功后,欧洲空间局于次年(2000年)2月9日将其正式命名为"牛顿卫星"。在此之前,它的名字是"多镜面X射线望远镜"(X-ray Multi-Mirror Mission,简称XMM)。而之所以冠名"牛顿",一是因为牛顿是万有引力的发现者,而X射线卫星的主要研究对象就包含了诸如黑洞等致密(强表面引力)天体;其次,该卫星要拍摄天体的高能光谱,而作为"欧洲人"的牛顿正是分光学的创立者,以其命名有着显著的纪念与政治意义。

超链接: 牛顿卫星与阿丽亚娜V型火箭

"牛顿卫星"在欧洲装配完成后,被运往欧空局在南美洲法属圭亚那的航天中心(图4)。卫星于1999年12月10日,世界时下午14点32分被发射升空,发射使用的是阿丽亚娜V型火箭。阿丽亚娜V体积庞大,运载能力强。其长度有五十米,发射重量七百多吨。它是当时欧洲最新、最先进的运载火箭。即使与其他航天强国的火箭比,其先进程度也位居前茅。


图4:库鲁航天中心(Kourou Space Center)的阿丽亚娜V型火箭。"牛顿卫星"被安置在火箭的载荷舱中。(ESA)

但该型火箭的测试工作却一波三折:它于1996年6月4日进行了第一次测试,但不幸发射失败;1997年10月30日,它的第二次试射亦未能达到预定轨道。连续两次失败使得外界增加了对该型火箭的质疑,很多人开始怀疑这种多国合作的模式是否适用于二十一世纪的运载火箭领域。不可否认,这些质疑给欧洲空间局带来了不小压力。

直到1998年10月21日,阿丽亚娜V的第三次测试取得成功,欧洲的航天学界才算松了一口气。运载"牛顿卫星"是阿丽亚娜V型火箭的第四次发射,也是第一次真正意义上的商业发射。令人欣慰的是,阿丽亚娜V的这次发射取得了圆满成功(图5)。"牛顿卫星"升空后,入轨在近地点7 000千米,远地点114 000千米的大椭圆轨道上,轨道倾角40度,绕地球一周需要足足两天的时间。


图5:1999年12月10日阿丽亚娜火箭升空图片。(ESA)

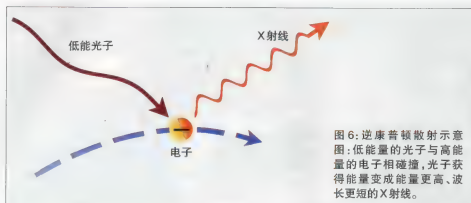


图6：逆康普顿散射示意图：低能量的光子与高能量的电子相碰撞，光子获得能量变成能量更高、波长更短的X射线。

通过SZ效应发现的星系团

由于是一颗通用型卫星，“牛顿卫星”的研究涉及高能天文学的方方面面，本文将介绍其在星系团领域的两个重要发现。

星系团是星系的聚集区，由成百上千星系构成，靠相互间的引力联系在一起。星系团是宇宙中达到引力平衡状态的最大结构，通常直径为数百万光年。早期的X射线观测发现在星系团中有高温气体。这些气体充斥在星系之间，温度通常在一千万度以上。这么高的温度，原子核周围的电子都被电离了，所以星系团内的气体处于等离子态。此时，电子的运动速度非常快，能量非常高。如果电子周围有低能的光子，当二者发生碰撞时，电子就会把自身的能量传递给光子，使得后者的能量增强，波长变短。这一过程称为逆康普顿散射（Inverse Compton Scattering，图6）。二十世纪二十年代，美国科学家康普顿（Arthur H. Compton）发现了高能光子与电子发生碰撞，会将能量传递给后者，称为康普顿散射（Compton Scattering）。所以，电子将能量传递给光子的过程就被称为逆康普顿散射。

宇宙微波背景辐射为逆康普顿散射提供了光子源。在宇宙早期，电子与质子发生复合：自由飞行的电子和质子被电磁力束缚在一起，形成了原子，并释放出远紫外光子。这些释放出的光子弥漫于宇宙各处，无论是遥远的宇宙空间还是我们身边，都有它们的身影。但由于红移的原因，这些光子的波长如今增长了上千倍，早已不在紫外波段，而是在3毫米附近，属于微波的范畴。所以，这一现象就被称为宇宙微波背景辐射。微波背景辐射发现于上世纪六十年代，是六十年代天文学四大发现之一。该发现作为大爆炸宇宙学的有力论据获得了诺贝尔物理学奖。

微波背景辐射和星系团内热气体发现不久，苏联科学家拉希德·苏尼亚耶夫（Rashid A. Sunyaev）和雅科夫·泽尔多维奇（Yakov B. Zel'dovich）就意识到了这二者会发生相互作用，并会改变微波背景的能谱。这一相互作用就是苏尼亚耶夫-泽尔多维奇效应（Sunyaev-Zel'dovich Effect，简称SZ效应，图7），于1972年正式发表。

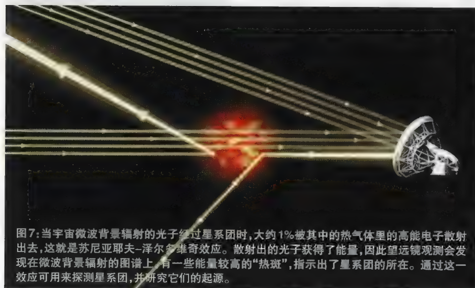


图7：当宇宙微波背景辐射的光子经过星系团时，大约1%被其中的热气体里的高能电子散射出去，这就是苏尼亚耶夫-泽尔多维奇效应。散射出的光子获得了能量，因此望远镜观测会发现在微波背景辐射的图谱上，有一些能量较高的“热斑”，指示出了星系团的所在。通过这一效应可用来探测星系团，并研究它们的起源。

SZ效应提出后，有科学家意识到，可以通过该效应来寻找宇宙中的星系团。而且，由于SZ效应只与星系团的内秉性质有关，所以，该方法寻找的星系团不受位置、表面亮度等因素影响，在统计意义上更具有普遍性。

但是，该方法对探测设备灵敏度的要求很高，所以实施起来并不容易。安放在南极的南极望远镜（South Pole Telescope，简称SPT）的巡天观测是当前世界上两个主要的SZ效应观测项目之一（另一个在智利）。该巡天的项目组使用南极望远镜在毫米波和亚毫米波波段巡天，并使用光学望远镜和X射线卫星证认SZ巡天的天区。

基于“牛顿卫星”的X射线观测，项目组证认了两个基于SZ效应发现的星系团。这两个星系团的红移分别是0.32（图8）和1.08（图9）。同时，地基的光学望远镜也对同一天区进行了巡天，得到了这两个星系团的宽波段图像。SZ效应、可见光、X射线是当今用于寻找星系团的最常用手段。而这两个星系团是最早基于SZ效应被发现，并同时得到光学、X射线图像的星系团。因此，其在高能物理和宇宙演化等领域都具有里程碑式的意义。

最遥远星系团的发现

根据星系演化的“等级成团模型”，探究星系团红移从3到1的演化历程，对于我们认识宇宙是非常重要的。天文学家推测，这一时间段，正是星系团的孕育发展期，应该存在有虽然年轻、但演化已经相对成熟的星系团。但可惜的是，这个时期距离我们太远，再加上成熟的星系团缺乏活动性，使得从实测上去发现它们非常困难。因此，星系团从红移从3到1的演化过程是缺失的。

直到最近几年，随着天文技术的进步，这一情形才有所好转。天文学家从“斯皮策空间望远镜”的中红外图像上，发现在遥远的宇宙空间存在有星系成团迹象。根据其在天球上的坐标，该区域被命名为CL J1449+0856。随后，地面的大型光学望远镜和“哈勃空间望远镜”对该发

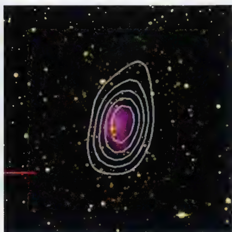


图8：星系团SPT-CL J2332-5358。图中紫色区域为“牛顿卫星”拍摄的团内热气体的X射线图像，白色等强度线为南极望远镜的SZ巡天结果，图片背景为美国国立光学天文台在智利的4米望远镜拍摄的可见光图片。(ESA/SPT/NOAO/Šuhada et al. 2010)



图9：星系团SPT-CL J2342-5411，图中示例与图8相同。(ESA/SPT/NOAO/Šuhada et al. 2010)



图10：已知最遥远星系团CL J1449+0856。图中紫色区域为“牛顿卫星”拍摄的团内热气体X射线图像，背景为欧南台甚大望远镜和日本昴星团望远镜拍摄的可见光及近红外图像。在可见光及近红外图像中，大部分都是前景的恒星和星系，只有红色的暗斑为该星系团的成员星系。(ESA/ESO/NOAJ/Gobat et al. 2011)

现进行了复核，确认了这些结团星系的红移为2.07，距今约104亿年。而且，团中还存在许多红色星系，这些星系的恒星形成活动几乎停止。后来，“牛顿卫星”在这一区域发现了X射线辐射(图10)，根据X射线推导出的高温气体的物理特征揭示了CL J1449+0856其实是一个正在逐步走向成熟的星系团，它的成员星系经历过明显的恒星形成甚至星暴。至此，星系团演化中缺失的一环终于被衔接上了；而且，CL J1449+0856也是迄今为止经过确认的最遥远的星系团。■

(责任编辑 李鉴)



超链接：星系演化与等级成团模型

当前的星系演化理论中，最受关注的就是等级成团模型。对于该模型，简单理解，就是越小的结构形成时间越早：恒星的形成早于星系，星系的形成早于星系团。对于星系来说，也是小星系先形成，然后通过吸积、并合等方式逐渐长大。

星系团的形成则是源于星系的聚集。而且随着进一步演化，靠近团中央的星系与外围的星系会出现分层差异：外围星系的颜色偏蓝，恒星形成活动偏强；而当靠近团中心时，星系的颜色会变红，恒星形成活动逐渐衰减或完全停止。所以，星系团的分层结构以及成员星系活动性的强弱，与星系团本身的演化成熟度直接相关。

星系团内的高温气体主要是氢和氦，但同时也有许多原子量大于氢和氦的金属物质。除了极少数的例外，宇宙中的金属源自恒星内部的核合成，后经超新星爆发、星风、包层抛射等形式注入宇宙空间。由此不难看出，金属与恒星演化存在明显的相关性：金属的存在指明了曾经发生过的恒星形成活动。对于团内气体来说，由于存在有大量金属，所以也就意味着成员星系已经经历了一定阶段的演化。

另外，星系团内气体的温度非常高，粒子的运动速度非常快。这就需要有巨大的能量注入。能够产生如此多能量的天体物理现象包括超新星、活动星系核等，都是星系演化到一定阶段的产物。因此，如果在星系聚集的位置发现了大规模的高温高压气体，则意味着该星系团的演化已经比较成熟。

根据理论研究，天文学家认为具有明显分层结构(即演化已经相对成熟)的星系团的形成时间大概位于红移3到红移2，也就是距今115亿年到100亿年。从宇宙年龄为137亿年来看，星系团开始形成时，宇宙还是相当年轻的。

在红移3之前，天文学家已经发现了在某些区域，出现了星系聚集现象，而且这些星系都是活动星系，它们的恒星形成很强(这里指的是莱曼α发射线星系)。但此处并没有明显的星系分层，同时也没有足够的X射线，也就意味着团内缺乏高温气体。上述现象说明了星系团的起步虽然始于红移3之前，但那时的星系团还没有充分演化，还属于“原星系团”(proto-Cluster)。而在红移1附近，也就是距今80亿年左右，宇宙中已经出现了经过充分演化的星系团，它们与当前宇宙中的成熟星系团非常相似(图11)。

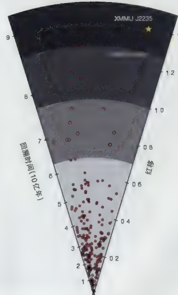


图11：2005年绘制的已知星系团距离分布图，当时所知的最遥远的星系团的红移为1.4。(Mullis et al.)

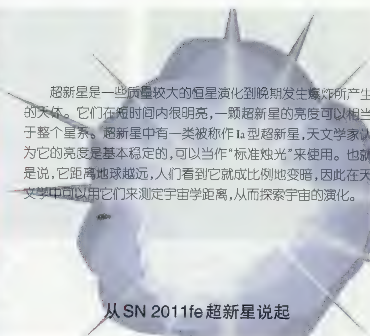


Ia型超新星模型示意图，白矮星吸取其伴星的物质时会形成一个盘状螺旋，当白矮星的质量超过一个极限，最后会导致一场猛烈的超新星爆发。

宇宙的命运与Ia型超新星（上）

钟晓晴

题图　利用气球（和足球场那么大）把观测仪器带上高空探索宇宙的起源与演化示意图



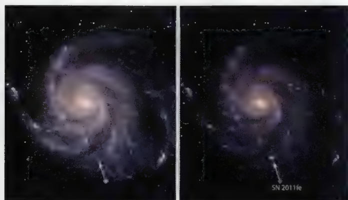
超新星是一些质量较大的恒星演化到晚期发生爆炸所产生的天体。它们在短时间内很明亮，一颗超新星的亮度可以相当于整个星系。超新星中有一类被称作Ia型超新星，天文学家认为它的亮度是基本稳定的，可以当作“标准烛光”来使用。也就是说，它距离地球越远，人们看到它就成比例地变暗，因此在天文学中可以用它们来测定宇宙学距离，从而探索宇宙的演化。

从SN 2011fe超新星说起

2011年8月24日，美国加利福尼亚州劳伦斯-伯克利国家实验室的天文学家在M101星系中发现了一颗明亮的Ia型超新星，其正式编号为SN 2011fe。这颗超新星是利用帕洛玛天文台口径1.2米施密特望远镜发现的，该天文望远镜的极限星等约20.6等，近年来积极投入亮度变化快速的瞬变事件（Transient Event）搜寻工作，即所谓的Palomar Transient Facility，简称PTF搜寻。PTF于8月23日晚间观测影像中尚未见到M101中有任何超新星，却在隔天24日晚间的观测图像中出现，因此推测这颗超新星是在23日望远镜收工后几个小时内就开始爆发，原始编号为PTF11 kly，位在M101星系中心以西59角秒、以南271角秒之处。最初观测到的亮度约为17.2等，但这颗超新星亮度变化相当快速，在8月25日达13.8等，27日达12.4等，30日达11.5等，到了31日已达10.8等。

根据后续光谱观测结果，SN 2011fe光谱中的谱线很宽，且有蓝移现象，从钙离子和硅离子谱线的宽度，推测爆发后的物质正以每秒14500~16500千米的速度向外膨胀中，但这颗超新星光谱中没有氢谱线。这是Ia型超新星的光谱特征。美国加利福尼亚州劳伦斯-伯克利国家实验室的研究人员纽金特说：“我们观测到这颗超新星仅爆炸后11小时的情景，因此我们能够在20分钟之内精确计算出超新星的爆炸时间。”超新星拥有较多的构成地球和其他恒星的元素，例如：超新星是宇宙中铁元素的主要来源，因此地球的形成需要大量的超新星爆炸残骸物质。SN 2011fe爆炸的光谱向人们透露其中包含着碳和氧，因此可以掌握Ia型超新星以碳氧白矮星开始爆炸的第一直接证据。

Ia型超新星原是双星系统，其中一颗为白矮星，当主要成分为碳和氧的白矮星不断吸取伴星物质，并会形成一个盘状螺旋，最终导致一场猛烈的超新星爆发，即当它的质量超过1.4倍太阳质量（钱德拉塞卡极限）时会引起恒星瓦解性爆炸。爆炸时的亮度比10亿颗太阳还亮。对天文学家而言，从未见过像SN 2011fe这样在爆发极早的增亮时期就观测到，且如此明亮的Ia型超新星，因此意义相当重大。这项研究报告发表在《自然》杂志上。



M101中的超新星(SN 2011fe)爆炸前后对比特写照片



M101(风车星系)中的超新星(SN 2011fe)照片，时间为2011年8月23日到25日。

事实上，Ia型超新星早在20世纪末就已引起天文学家的高度重视了。1998年以前，天体物理学界一直认为宇宙在减速膨胀，直到美国天文学家珀尔马特等人对Ia型超新星的观测研究才取得突破性进展。2011年10月4日，瑞典皇家科学院将2011年诺贝尔物理学奖授予美国科学家索尔·波尔马特(Saul Perlmutter)、拥有美国和澳大利亚双重国籍的科学家布赖恩·施密特(Brian P.Schmidt)以及美国科学家亚当·里斯(Adam G. Riess)，以表彰他们在天体物理学方面的卓越研究成果。

赫罗图、白矮星与Ia型超新星

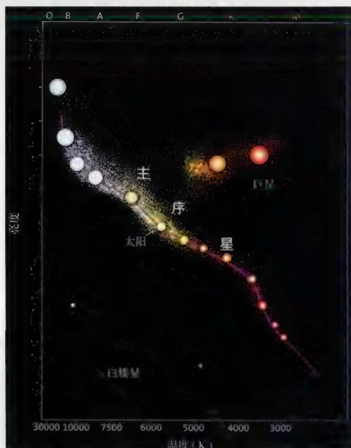
说起来，"超新星"概念是1934年美国天文学家兹维基和巴德提出来的。他们研究认为，当一些恒星寿命结束时将会塌缩，然后发生爆炸，其亮度可达到十亿甚至百亿个太阳的亮度，巴德和茨维基生前观测到了一些超新星。

天文学家们后来认识到，其实有两种不同的超新星，一种是兹维基最早提出的核塌缩超新星，另一种其爆炸机理不同，现在一般认为是白矮星(质量比较低的恒星比如太阳在燃尽核燃料后就会变成白矮星)从其伴星中吸积物质，到一定程度后发生核爆炸。这里涉及到关于恒星演化的著名的赫兹普龙-罗素图，简称赫-罗图，它是丹麦天文学家赫茨普龙及由美国天文学家罗素分别于1911年和1913年各自独立提出的。

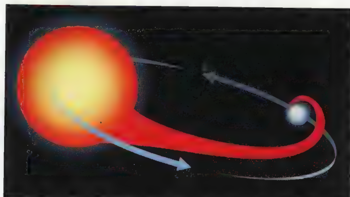
赫-罗图是研究恒星演化的重要工具。该图绘出了恒星的温度与亮度的关系，图的顶部一般标示从O到M的七种恒星类型；恒星在图上的位置可提供该星体所处演化阶段和质量的重要信息；处于对角线上的恒星都处于将氢转变为氦的演化阶段，或称为主序星阶段。当恒星的热核反应无法持续的时候，它将最终演变为白矮星，或者以超新星的形式发生大爆炸。白矮星是一种低光度、高密度、高温度的恒星。它的颜色呈白色、体积比较矮小，亮度低，但质量大、密度极高，著名的天狼星伴星是最早被发现的白矮星。一般认为白矮星是在红巨星的中心形成的。白矮星体积和地球相当，但质量却和太阳差不多，它的密度在1000万吨/立方米左右。

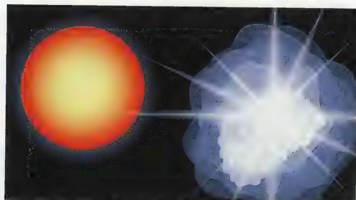
白矮星形成于主序星演化结束的阶段，在漫长的恒星生命期间，它也许已经远离了最初诞生的地区。而在成为Ia超新星之前，一对靠近的双星系统可能耗费了数百万年的时间进行质量的传输(可能形成持续性的新星爆发)。不同于其他类型的超新星，Ia超新星普遍出现在包括椭圆星系等各种不同类型星系中。

白矮星演变成为超新星有一个特殊的条件限制——其质量相当于太阳质量的1.4倍，这就是天文学上著名的"钱德拉塞卡质量极限"，由印裔美国天文学家钱德拉塞卡最早提出的。钱德拉塞卡19岁那年，因成绩优异获得政府奖学金，从印度只身乘船前往英国剑桥求学。在长达十几天的航行中，他苦心钻研



赫兹普龙-罗素图。图中绘出了恒星的温度与亮度的关系。处于对角线上的恒星都处于将氢转变为氦的演化阶段，或称为主序星阶段。当恒星的热核反应无法持续的时候，它将最终演变为白矮星，或者以超新星的形式发生大爆炸。恒星演化的最终结果主要取决于它的质量以及它是否存在于双星体系之中。图的顶部标示了从O到M的七种恒星类型。


Ia型超新星图示之一：白矮星会通过引力，从它的伴星身上窃取气体。


Ia型超新星图示之二：当白矮星超过1.4倍太阳质量，它就会爆炸，变成一颗超新星。

恒星演化，结果奇迹般地初步计算出一个结果。那时的天文学家几乎都认为白矮星阶段是一切恒星演化过程的最终阶段，白矮星会一直冷却和衰落下去，直至熄灭；但是钱德拉塞卡的计算表明，当白矮星接近1.4倍太阳质量这个质量限制时，其状况将符合白矮星在热核爆炸中引爆的条件，这种核灾变会使白矮星彻底瓦解，爆发时物质大约以每秒上万千米的速度喷出来，在很多年后形成我们今天看到的超新星遗迹。

探宇宙奥秘：从牛顿到哈勃

早在17世纪时，伟大的科学家牛顿在宇宙学研究中把空间、时间和物质割裂开来，分别加以研究，他认为三者是各自独立的或者说是绝对的。在这种时空观和万有引力理论的基础上，牛顿建立一种宇宙总体是稳定的、无限的宇宙模型，其局部区域可以因不稳定性而形成天体。但这种模型无法解释后来的德国学者奥伯斯提出的"夜空为什么是黑的"问题，即著名的"奥伯斯佯谬"（无限的宇宙布满无数恒星，夜空必然是亮的而不是黑的）。20世纪初，科学大师爱因斯坦先后创立狭义相对论和广义相对论，提出时间和空间不是各自独立的，而都是跟物质和运动密切联系在一起的物质时空。根据现代宇宙学理论，我们的宇宙演化遵从广义相对论场方程。

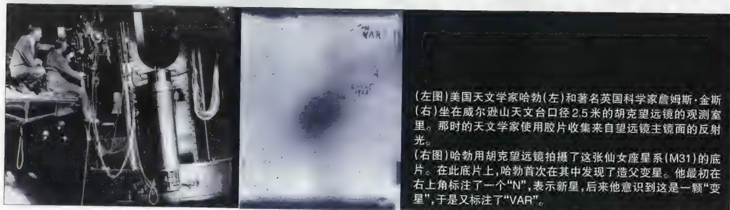
1917年，爱因斯坦根据广义相对论，得到宇宙不是膨胀就是坍缩的结论。为了得到一个静态的宇宙模型，爱因斯坦引入了宇宙学常数项（用希腊字母Λ表示）。加入该常数项之后，引力场方程就同时包含了引力和斥力，能够让宇宙达到一种平衡状态，可让宇宙稳定下来。由此，爱因斯坦得到了一个静态的宇宙学模型。

美国女天文学家勒维特，在20世纪初发现一种测量遥远恒星距离的方法。她研究了上千颗被称为造父变星的脉动变星，发现越明亮的造父变星，脉动的周期也越长。利用这样的信息，勒维特能够计算出造父变星自身的亮度。考虑到只要有一颗造父变星的距离是已知的，其他造父变星的距离就可以推算出来——恒星的光显得越暗，它的距离就越远。一种最初的、而且可靠的标准烛光就这样诞生了。利用这些造父变星，天文学家很快就得出结论——银河系只是宇宙中许多河外星系中的一个。

著名的美国天文学家埃德温·哈勃在1929年发现，遥远的河外星系的谱线均有红移，而且距离越远的星系红移越大，于是得出了一个重要结论：星系看起来都在退行——即远离我们而去，而且距离越远的星系退行的速度越快。哈勃的这一发现提供了宇宙膨胀的证据，揭开了大爆炸宇宙理论的序幕。

其实，早在20世纪初，美国天文学家斯莱弗的观测发现，一些旋涡星云有光谱红移现象（多普勒效应引起远离我们而去的恒星发出光线的光谱向红端移动）。虽然他的观测证实了大多数旋涡星云正在远离地球，但他并没有因此联想到这对宇宙学意味着什么，也不认为发现的星云其实是银河系外的其他星系。哈勃正是在斯莱弗的基础上，对遥远星系的距离与红移开展了全面、大量的观测，终于在1929年得出了突破性的伟大天文发现。后来，爱因斯坦在获悉哈勃发现宇宙膨胀之后，放弃了他以前的观点，并认为加入宇宙学常数项是他一生中最大的错误。（待续）

（责任编辑　李良）



（左图）美国天文学家哈勃（左）和著名英国科学家詹姆斯·金斯（右）坐在威尔逊山天文台口径2.5米的胡克望远镜的观测室里。那时的天文学家使用胶片收集来自望远镜主镜面的反射光。
（右图）哈勃用胡克望远镜拍摄了这张仙女座星系（M31）的底片。在此底片上，哈勃首次在其中发现了造父变星。他最初在右上角标注了一个"N"，表示新星，后来他意识到这是一颗"变星"，于是又标注了"VAR"。



BOOTES-4的地基建造、圆顶建造及赤道仪、望远镜的安装过程



BOOTES的徽标

国内第一台专业级程控自主望远镜BOOTES-4

□李建(国家天文台) 范玉峰(云南天文台)

Bootes,牧夫座,一个天文爱好者耳熟能详的名字;
高美古,云南天文台丽江观测站址,纳西语中“适合看星星的地方”。
2011年,这两个毫不相干的名字被联系了起来。

什么是BOOTES?

很多天文爱好者可能不知道,如果在Google搜索Bootes,除了会搜索到关于牧夫座的信息以外,还会看到另外一种解释。BOOTES, Burst Optical Observer and Transient Exploring System的简称,中文名“全球γ暴与瞬变源观测系统”,主要用于γ暴余辉和其他瞬变源的光学观测。BOOTES项目由西班牙国家研究委员会安德鲁西亚天体物理研究所发起,现有14个合作参与单位。如今,落户在丽江高美古天文观测站的BOOTES-4全自动望远镜,是继之前BOOTES-1、BOOTES-2、BOOTES-3后的第4台BOOTES系列望远镜。BOOTES系列望远镜的最大特点就是它具有完全自主观测的能力。由于时域天文观测的需要,BOOTES项目计划在世界不同位置安放6台配置和性能尽量相同的光学波段全自动望远镜,最终形成一个全球观测网,使得任何时刻至少有一台望远镜处于黑夜中,用来捕捉和观测γ暴余辉和其他瞬变源。到目前为止,BOOTES系列望远镜已经落户三个国家,西班牙、新西兰、中国。未来的两个望远镜当前计划部署在墨西哥和南非。

Bootes-4合作机缘

说起BOOTES-4项目的合作,似乎存在着一些偶然中必然的成分。早在2010年底,国家天文台的崔辰州博士对程控自主天文台(Robotic Autonomous Observatory,简称RAO)进行了调研,认为RAO在未来具有广阔的发展前景,并且发现国内在这一领域还是空白,于是着手计划在这一研究领域进行开拓。2011年6月他参加了在西班牙举行的第二届RAO研讨会。当时BOOTES项目组正在寻找西班牙(西经5度)和新西兰(东经175度)之间的这一经度范围内的合作伙伴。中国、俄罗斯等一些国家就在这一范围内。事实上,BOOTES-4的原定合作伙伴是俄罗斯西伯利亚地区的一个太阳天文台,但是由于一些非学术问题的限制而导致合作被搁置。在国内云南天文台白金明首席科学家和范玉峰博士的高效配合下,就在这次RAO研讨会期间,经过一系列愉快的对话与沟通,一个双赢的合作意向就达成了。BOOTES-4最终台址选择在云南天文台的丽江高美古观测站。在不到半年的时间内双方共同完成了望远镜的选址、地勘、基建、货物进口及运输,并于2011年12月完成圆顶和望远镜的安装。2012年2月整套系统完成调试并投入自动化运行。

安装过程回顾

BOOTES-4的合作单位为中科院云南天文台与西班牙国家研究委员会安德鲁西亚天体物理研究所。兵贵神速,双方的所有合作文件全部确认以后,高美古观测站的前期准备工作便如火如荼的展开了。调研、选址、场地修整、供电、网络、防雷工程

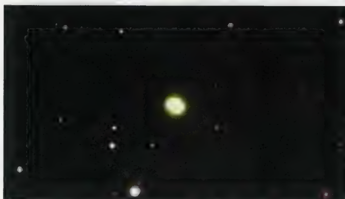
等前期准备工作过后，从2011年10月29日到11月6日，不到10天的时间，所有电力、网络连接安全设施，以及承载赤道仪、望远镜的基墩和整个建筑的地基就基本完成，只等西班牙方面的技术人员过来进行设备安装。

11月14日，西班牙方面的三名工程技术人员到达高美古。11月的丽江，正值秋冬季节，高美古的海拔3200米，有些偏高，几乎一离开阳光就需要加厚衣服，高原环境氧气较为稀薄，长期的体力劳动更显困难。然而正是在不断克服这种种困难的前提下，使得整个安装过程进度飞快，BOOTES-4几乎是一天一个面貌。

由于零部件故障、工具和材料等方面的原因，安装过程也不是一帆风顺的。但是，在丽江2.4米望远镜运行维护组光、机、电、软件等技术和后勤方面的支持下，所有问题都一一得到解决。所有来自云台丽江站、国台信息中心、西班牙、爱尔兰的安装人员都有一个共同的目标——在最短的时间完成安装工作。

首先面临的是各种零部件故障。开工第一天，开箱的兴奋和喜悦很快就被通电测试结果给浇灭。EMCCD相机、滤光片转轮、调焦器、云量传感器、气象站风速仪都不正常……仿佛除了从德国单独装箱运输的赤道仪和望远镜以外，没剩下什么正常的。所有人都觉得"不可思议"。设备启运前，整个系统曾在一个专门的恶劣环境模拟实验室经历过苛刻的高低温、振动冲击、电磁干扰、射线辐射等考验。问题可能出在艰辛的长途运输过程。在BOOTES项目官方博客中(http://bootes.iaa.es/index.php?Itemid=117)可以看到，集装箱运往俄罗斯的途中曾遭遇芬兰湾海面结冻封航。通航并抵达圣彼得堡港后，却在寒冷的码头一待就是三个月等待俄罗斯海关放行，直到去年七月份才决定放弃原计划，运回西班牙并准备在九月份运往丽江，此时正是西班牙的盛夏。这上百摄氏度的温差和万里舟车劳顿，让我们在丽江收到的零部件近半不工作了。眼看在原计划的安装工期内已无法完成任务，此时丽江站迅速抽调出2.4米望远镜的各方技术力量，排查故障，确定维修方案，订购元器件。最终，通过焊上新元件，重新烧写芯片程序，更换板卡等手段将问题一一解决。





国内BOOTES-4小组和西班牙技术人员学习BOOTES-4软件系统的调试，以及BOOTES-4的first light

安装过程面临的另一个考验是大量设计变更和特殊工具材料要求。丽江是一个旅游城市，不用说进口材料和零件，就连稍微特殊一点的工业材料和工具也很难在本地找到。虽然安装前制定了安装计划并准备了材料和工具，但开始动手才发现，这台圆顶和前面三台圆顶设计有很大不同，导致众多细节修改。各种材料和工具迅速从昆明、北京、上海快递到丽江。经验丰富的张瑞龙老师和伦宝利作为中方的钳工，经过大量的切割、焊接等改造，配合外方逐步解决了尺寸问题。

正是在这种高效的执行能力下，遇到的所有问题都被快速解决。安装现场时常传来普通话、昆明话、纳西语、英语、西班牙语交杂的各种对话，紧张之余也忙得不亦乐乎。就这样，一个完整的0.6m口径望远镜的圆顶在十多天的时间里完成了。西班牙同事开玩笑说，"难怪中国的发展和建设速度如此之快。"

基础设施完成后，BOOTES-4的主角核心设备——赤道仪和望远镜终于开始安装了。德国的望远镜厂家工程师过来帮助安装调试。0.6m的望远镜全身骨架大部分为碳纤维，因此几个人就能把它轻松抬起。相比之下赤道仪显得更加厚重。这台ASTELCO NTM-500的赤道仪靠着强大的直驱电机，能够以每秒20度的速度快速指向跟踪目标。这也是BOOTES-4能够快速随动观测γ暴等瞬变源所倚仗的秘密武器。经过3天的调试，望远镜的指向精度达到了设计要求。随着硬件安装进入尾声，一些BOOTES-4的周边辅助设备如圆顶控制器、全天相机、温湿度传感器、云量仪、雨雪传感器、GPS、监视摄像头、气象站等也逐步部署到位。 经过短短20多天的奋战，所有硬件安装、调试工作便基本结束。

2012年2月，龙年春节刚过，云南天文台丽江天文观测站再一次聚集了一群年轻人。这一次，他们是为BOOTES-4配置和调试软件系统。

BOOTES-4的三台服务器上安装有控制整个BOOTES-4的系统软件RTS2(第二代程控望远镜系统)。所有硬件设备保证了BOOTES-4在无人值守的情况下，能够自动采集周围的环境信息，汇总给RTS2系统。系统根据采集、汇总的数据，对环境状况进行分析，决定圆顶何时打开、如何做平场和调焦、最适合的观测目标、以及目标何时曝光等问题。BOOTES-4和其他BOOTES系列望远镜组成网络，数套望远镜协同工作，共同完成对特定目标的不间断观测任务。

RTS2是为BOOTES系列望远镜量身定做的一套集观测计划制定、观测任务调度、观测控制、数据生成与发布为一体的自主天文台控制软件。RTS2的所有源代码都是开源的。非常难得的是这套系统的设计开发者派特·库巴尼特(Petr Kubanet)亲自来到高美古配置调试BOOTES-4系统。从各个硬件驱动的安装



BOOTES-4 的落成典礼

到台数据库的配置，从调焦程序的测试到自动导星脚本的编写，内容涵盖了RTS2系统的方方面面。国内BOOTES-4小组也从这次调试工作中受益匪浅，尤其是能够面对面地和派特(Petr)就RTS2的各个方面进行深入的交流。经过半个月的努力，整个望远镜软件系统联调完毕，进入了测试观测阶段。派特(Petr)在2月21日凌晨的测试数据中找到了一幅清晰的图像作为龙年BOOTES-4的first light(开光)—— NGC 6543俗称猫眼星云，位于天龙座。

2012年3月20日，BOOTES-4落成典礼在丽江天文观测站正式举行。来自西班牙驻广州总领馆、中国科学院、云南天文台等相关单位的领导和嘉宾参加了落成仪式。

BOOTES-4的落成标志着国内首个专业级程控自主天文台建成。恰巧在落成典礼当晚BOOTES-4便成功地完成了对γ暴GRB 120320A的余辉观测，并通过γ暴全球协调网(GCN)发布了随动观测公告。

详细的安装调试过程可以访问下面网址：
http://bbs.astron.ac.cn/thread-81141-1-1.html

BOOTES-4 的程控自主观测

BOOTES-4是BOOTES系列的第四台光学望远镜，它的主要科学目标包括伽玛射线暴光学对应体的同步观测、微引力透镜研究、系外行星探测、宇宙起源光学闪的探测、高能目标的光学监测、著名天体的长期监测、空间科学计划的地面观测支持、程控自主天文台控制系统研究等方面。

经过十多年的软硬件方面的探索研究，BOOTES团队在程控自主天文台软硬件方面积累了大量经验。为了能漂亮地完成科学观测任务，BOOTES-4所选用的每个硬件设备都经过了精心地考虑：能够快速反应、迅速移动的ASTELCO NTM-500直驱赤道仪；性能卓越的Andor EMCCD相机；高分辨率的广角APOGEE全天相机；性能稳定的AXIS监视摄像头；以及其他各种为无人值守而加装的传感器设备；还有一些定制化模块(比如圆顶控制器和圆顶机械装置)等。特别是BOOTES还有一套非常出色的完全自主开发的软件控制系统，RTS2。

目前，BOOTES-4在运行时能够完成以下自主化的工作：观测状态(黎明、早晨、白天、黄昏、夜晚等)的自动切换；根据天气状况自动打开、关闭圆顶来开启或结束观测任务；当晚观测计划的自动产生；黄昏、黎明时平场的自动拍摄；当有突发的γ暴等瞬变源观测任务时会自动中断当前观测任务去执行瞬变源观测；观测结果、观测记录自动保存；同其他BOOTES系列望远镜对同一目标协同观测；……

从整体上看BOOTES系列望远镜尤其是最新的这台BOOTES-4望远镜，同世界上其他同级别的自动望远镜相比，具备了比较先进的自主化观测能力。RTS2程控望远镜软件控制系统更是整个系统的一个亮点。目前，RTS2系统已经应用到全世界20多台中小望远镜上，遍布亚、非、欧、南北美各个大洲。美国大口径全天巡视望远镜(LSST)项目的CCD测试工作目前也在RTS2系统下进行。非常难得的是其所有源代码都开放使用，比较适合中小型程控自主天文台采用和借鉴。

结语

在整个BOOTES-4的硬件安装、软件调试过程中，国内的BOOTES-4团队接触到了目前世界上先进的程控自主望远镜的运作情况，吸取了许多宝贵的经验，为在国内开展程控自主观测奠定了基础；同时也给国外合作者留下良好的印象，为将来的深入合作和学习创造了条件。BOOTES-4在中国的顺利落户，不仅为我国天文学家提供了一台先进的观测仪器，有助于提高我国在γ暴观测研究等方面的科研水平和国际影响力，而且对国内程控自主望远镜领域的迅速成长起到了积极的促进作用。

从2011年11月到2012年2月，BOOTES-4在4个月的时间内就完成了从基础建设、硬件安装、软件调试的全部工作，创造了一个专业级天文台建设速度的新记录。这一方面得益于BOOTES项目前期的积累和精心策划、以及从欧洲直派过来精锐的工程技术人员，另一方面得益于云南天文台高美古观测站一支朝气蓬勃、高效务实的技术队伍。

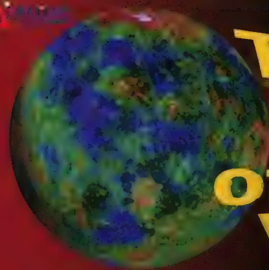
(责任编辑　张长喜)



超链接：　关于BOOTES-4本身

以下列出了BOOTES-4的一些设备型号或参数：

望远镜：ASTELCO
口径：0.6米
焦比：f/8
视场：10'x10'
赤道仪：ASTELCO NTM-500
电子增强型CCD相机：Andor IXON+(DU-888E)，1024x1024像素
滤光片：Sloan的g、r、i波段，UKIRT的U、Z、Y波段等
全天相机：APOGEE Alta U16M
气象站：DAVIS
系统软件：RTS2



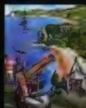
The Transit of Venus

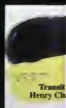
世纪绝响

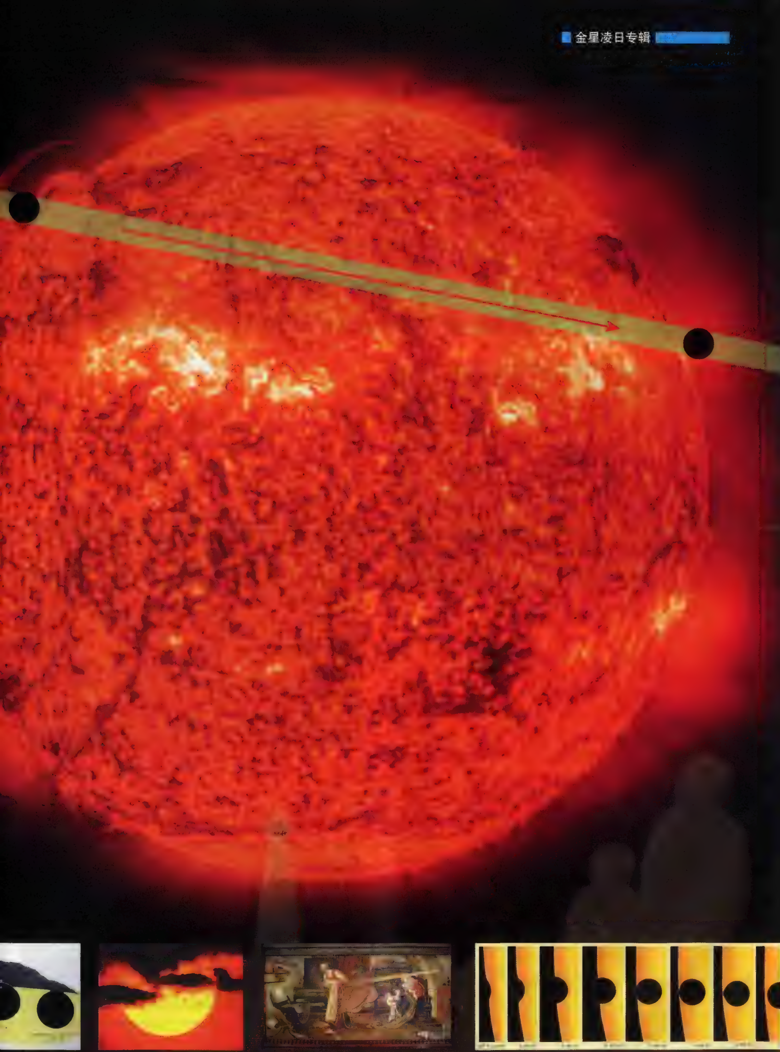
金星凌日专辑

2012年6月6日，一场激动人心的天空盛宴即将上演，这就是金星凌日。这一罕见的天象两次一组，两次相距8年，两组之间相距100多年。上一次是2004年6月8日，对于很多朋友来说，那是第一次与金星凌日相约，或许由于种种原因留下了或多或少的遗憾，那么8年了，对这一次的“世纪之约”，你准备好了吗？

- 仰望金星
- 金星凌日与天文科学
- 金星凌日的观测与拍摄
- 跨世纪的特殊天象——金星凌日
- 杭州高级中学的金星凌日观测







仰望金星

——金星基本知识及探测成果简述

□李 良

欧洲空间局的"金星快车"探测器飞临金星示意图



图1:夜空中明亮的金星和月亮



夜观金星——最明亮的星

金星是夜空中最明亮的星,最亮时约达 −4.5等(图1)。一般说来,当金星位于太阳西方时为晨星,位于太阳东方时为昏星,我国古人称晨星时的金星为"启明星",昏星时的金星为"长庚星"。在古罗马神话中,金星象征着爱神和美神,这可能正是因为它是肉眼能够看到的最亮的行星。金星是地球的近邻行星,二者的大小、质量、密度和成分相当,可谓"姐妹行星",但是,金星本身却与地球有着很大差异。最大的一个差异是,迄今未发现金星有卫星,已可断定它是一颗没有任何天然卫星的行星。金星半径约6050千米,质量为4.87×10[illegible]克,平均密度约为地球的95%。

1610年,伽利略通过望远镜对金星进行数日观测后发现,金星并非如人们想象的总是那么圆满,而是有着类似月亮的盈亏(或称圆缺)现象,这表明金星是行星,它沿着以太阳为中心的轨道运转,由此证实了托勒密的地心说是错误的。由于金星和地球相对于太阳的位置关系不同,所以人们看到金星被太阳照亮的那一边的大小也不同(图2)。由于金星位于地球轨道内侧,所以总是出现在太阳附近,它与太阳的角距不大于48°。

感兴趣的读者不妨抽时间观察一下金星在黄昏和清晨周期性出现的景象。起初,当黄昏太阳刚一落下,在附近就能看到作为昏星出现的金星;经过一段时间,当太阳西落后,金星也很快地落下;接着,它渐渐远离太阳向东运动,且在黄昏以后才落下;随着时间的推移,金星和太阳之间的距离达到最远,然后金星又开始向西(即向前)朝着太阳运动;最后在太阳落下后,金星很快地也下落,所以就看不见金星了。过了一段时间后,它作为晨星出现,起初它恰好在日出之前升起;之后,随着它向西运行,并离太阳越来越远时,它便逐日地越来越早地升起来;在金星和太阳之间的距离再次达到最远时,向后(即向东)的运动便又取代了向前的运动。当它再次靠近太阳时,这种循环又再次出现。早期的天文学家通过细心地观察金星在太阳系中的运动以及测量太阳视差来计算地球与太阳间的距离。

金星的公转轨道是一个很接近正圆的椭圆,其偏心率仅0.007,轨道倾角为3.4°。与太阳的平均距离为0.723天文单位,平均轨道速度约35千米/秒,公转周期224.7日。金星与地球间的距离变化相当大,最近时仅4×10^7千米,此时视直径为61″;最远时可达到2.57×10^8千米,视直径仅10″。

金星距离太阳比地球距离太阳近约1/3,得到的太阳光照比地球多1倍。金星的反照率在所有的行星中名列第一,高达0.76,也就是说照射在金星上的太阳光3/4以上被金星反射出来,而地球的反照率只有0.39,月球才0.07,这也是由于金星非常浓密的大气层造成的。通过对金星的全面探测研究,可弄清金星演化过程,这对预测地球未来的发展具有重要的意义。

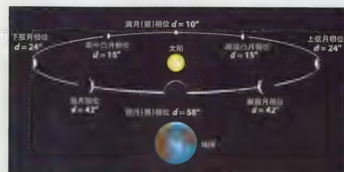


图2:金星的相位变化示意图,这是由于金星、地球、太阳的相对位置变化造成的。



逆向自转

在太阳系行星世界里，有一个令人惊奇的现象，即金星的逆向自转(图3)。地球和其他行星都是自西向东自转，且自转方向与公转方向同向。1956年，美国天文学家理查森分析了从金星表面返回的雷达波，发现它与太阳系其他行星不同，其自转方向与公转方向相反，是自东向西逆向自转的，如果从金星北极上往下看，它自转的方向为顺时针；在金星上看太阳是西升东落。金星的逆向自转十分缓慢，周期为243.0185天，比它围绕太阳公转的周期长18.3天。金星在赤道的转速只有6.5千米/小时，而地球在赤道的转速大约是1600千米/小时。有理论认为，在以往数十亿年的岁月中，作用在金星浓厚的大气层上的潮汐效应会减缓金星原来的转动速度，因而演变成今天的状况。

我们可以想象金星的运动情形，它一方面在距离太阳1.08亿千米的圆形轨道上自西向东进行公转，平均速度为35千米/秒，运行一周仅需224个地球日；一方面又以垂直于公转轨道面的自转轴为中心缓慢地自东向西进行自转，自转一周需要243个地球日。这种公转与自转合成的结果，使金星上一昼夜正好为116.75个地球日。在金星表面的观测者每隔116.75天就会看见太阳出没一次，这意味着金星的一天比水星的一天(176地球日)短。太阳会从西边升起，然后在东边落下。

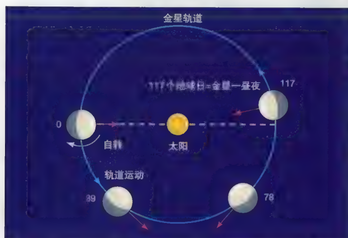


图3：金星的公转与逆向自转示意图。



金星的表面

由于金星有浓密的大气，地面观测者使用望远镜根本看不清金星表面，必须派遣空间探测器进行观测。从1961年前苏联发射"金星1号"开始，到2006年欧洲"金星快车"探测器进入环绕金星轨道，迄今人们已向金星发射了30多个航天器，其中22个成功，11个失败，加上各种路过的探测器总数已超过42个。虽然有一些探测器失败了，但仍有几个登陆器在金星表面酷热和高气压的不利条件下成功考察了金星表面，获得不少宝贵的金星地形、地貌信息。

1975年6月8日前苏联发射的"金星9号"于当年11月22日登上了金星，第一次传回了金星表面的黑白照片。1978年12月4日到达金星的美国"先驱者-金星1号"首次在金星附近用雷达绘制了金星表面地形图。1982年前苏联发射的"金星13号"和"金星14号"两个探测器拍摄到了金星表面黑白和彩色两种全景像(图4)。它们还对金星岩石成分进行了分析，找到了地球上稀有的石榴石玄武岩。"金星15号"和"金星16号"用雷达绘制了金星北纬30度以北约25%的金星表面地形图(分辨率达到1~2千米)。

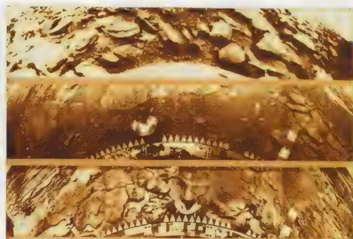


图4：前苏联的"金星9号"(上)、"金星12号"(中)、"金星13号"(下)拍摄的附近景观

探测表明，金星表面各处分布的岩石并不相同，而且由伽玛射线测得的放射元素铀、钍、钾含量也不同。例如，前苏联的"金星8号"降落于起伏高地上，发现地表成分类似于花岗岩；"金星9号"落在斜坡上，附近是一堆角石，大小约70厘米，厚度不到20厘米，大多数岩石边缘很锐，岩石之间的表面很暗，可能是细粒状；"金星10号"落在离"金星9号"2250千米远的平原，这里的暗细粒中有零星的露头亮岩层，这跟雷达图像推测的火山(玄武)岩一致。后来，"金星13号"和"金星14号"落在起伏高地，发现岩石略带棕色，其成分为玄武岩。

1989年，美国研制成功了"麦哲伦"号金星探测器，它采用了先进的合成孔径雷达，主要作用是进行成像，但也进行辐射测量等，其特点是精度高，可以用360米以上的分辨率测绘金星，这样高的精度是以往探测金星的航天器所没有的。它在环绕金星的轨道上，成功地绘制了99%金星表面像，分辨率达300米(图5)。雷达波穿过金星云层探测发现，金星的地壳比起原来所认为的更厚也更坚固，可以据此推测金星没有像地球那样可移动的板块构造。金星表面都是干燥而酷热的不毛之地，分布着10万座直径小于20千米的小型盾形火山和几百座巨型火山，火成岩覆盖的面积大约占金星表面85%，有几百平方千米面积的巨型熔岩流流到低洼地区，形成了广阔的平原和蜿蜒曲折的"沟渠"，有的"沟渠"甚至流淌了7000千米。金星大约有150多处大型的盾形火山，这些盾形直径多在100千米至600千米之间，高度约有0.3~5千米；其中最大的一座，直径700千米，高度5.5千米。比起地球上的盾形火山，金星火山显得更加平坦(图6)。

根据"麦哲伦"号金星探测器发回的数据，美国宇航局制作并发布了"金星表面地形图"(图7)。在金星表面的大平原上有



图5:美国“麦哲伦”号金星探测器1991年拍摄的金星图像

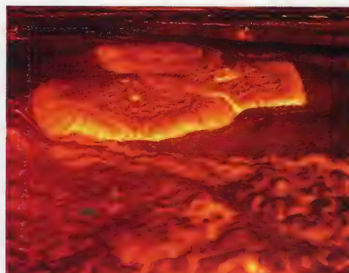


图6:根据雷达和测高数据绘制的烤饼状金星火山

两个主要的大陆状高地。北边的高地叫伊师塔高地(Ishtar Terra),比喜马拉雅高原还高、面积还大,它拥有金星最高的山脉——麦克斯韦山脉,高达12千米。麦克斯韦山脉包围了拉克西米高原。在南半球有更大的阿芙罗狄蒂高地(Aphrodite Terra),面积与南美洲相当。这些高地之间有许多广阔的低地,包括爱塔兰塔平原低地(Atalanta Planitia)、格纳维尔平原低地(Guinevere Planitia)以及拉卫尼亚平原低地(Lavinia Planitia)。除了麦克斯韦山脉外,所有的金星地貌均以现实中或者神话中的女性命名。

由图7可见,除了少数高地区域,金星60%的表面高程差不超过500米,仅5%的高程差大于2千米;金星地形可按高低划分为高地(占8%,红黄色)、低地(占27%,蓝色)和起伏平原(占65%,绿色)。金星的南、北半球差别显著:北半球主要是多山脉的高地,南半球主要是平原。

可能因为有浓密大气的包裹,所以金星表面大约只有1000个陨击坑,不像水星表面几乎布满了大大小小的陨击坑。它们有的来自火山爆发,有的来自小行星或彗星等小天体的撞击。较小的陨落体在浓密的金星大气中被烧蚀殆尽或其残余体被减速,仅较大的陨石才产生陨击坑。金星的陨击坑都大于3千米,多数有偏西向的暗边缘,这是由于金星逆向自转而使得烧蚀物随浓密大气偏向。金星上小于30千米的陨击坑常常是形状不规则或多坑群,表明陨落体在通过浓密大气时发生了破碎,陨击坑群由这些落下的碎块造成。



金星的大气层

金星的大气特别浓密,表面气压达92巴(即92个标准大气压,相当于地球海洋深1千米处的压力),大气主要成分是二氧化碳(大约占90%),其次是氮,水汽很少。金星大气稠密,温室效应特别强,表面温度可高达477℃,而地球表面平均温度约15℃。虽然金星比水星距离太阳要远两倍,但金星表面却要比水星表面热。金星完全被一层厚云包围,挡住了人们对金星表面的观察,使得它看来非常模糊。云中主要含有浓硫酸微滴。主云层从表面之上约45千米一直延伸到70千米左右的空间。薄雾从厚云的最低层往下延伸几千米,并从最高层向上延伸约20千米。用紫外波段观察,某些云顶区域呈现暗色,可能是由于二氧化硫、氯化硫、氯或固态硫的存在所致。

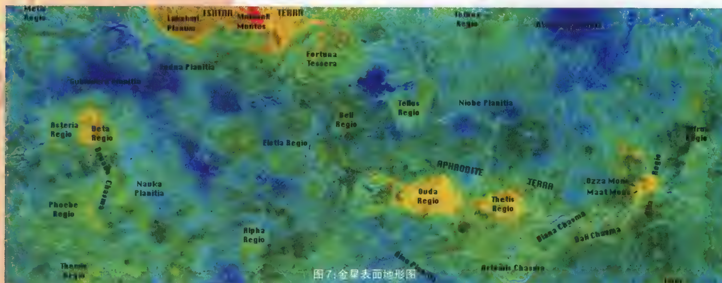


图7:金星表面地形图

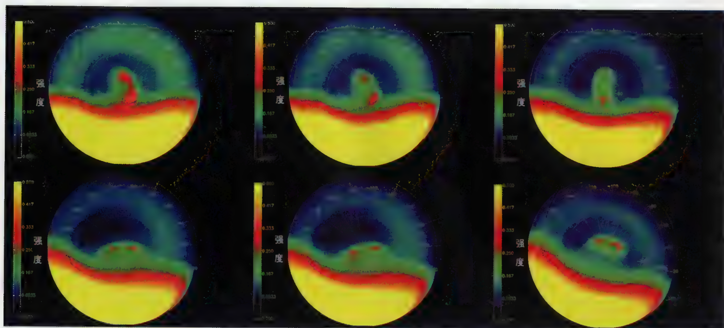


图8:2006年4月12~19日,欧洲空间局“金星快车”探测器观测到的金星南极双眼涡旋的转动和形状变化以及昼夜界线转动的情形。

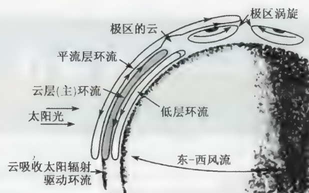


图9:金星大气环流示意图

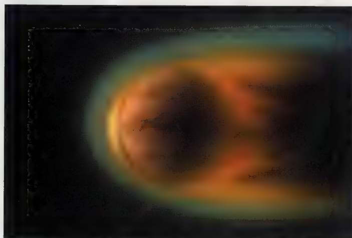
2006年4月20日进入金星轨道的欧洲空间局“金星快车”探测器传回首批照片,展示了金星南极的两个大型大气旋涡(图8)。此外,“金星快车”关于金星云层结构和大气活动情况的研究工作也已经展开。据欧洲宇航局的科学家们提供的研究资料显示,金星云层的厚度约为20千米,可延伸至距金星表面65千米的高度。负责收集这些资料的是VMC和 VIRTIS两架照相机。此外,探测器上安装的SpicaV/SOIR光谱分析仪也向科学家们提供了有关金星大气的化学构成和金星大气的温度信息。

金星云层结构非常复杂,其典型的结构就是在强风作用下形成的细长云带。截止目前,“金星快车”获取的最重要的一项研究成果就是发现金星大气中的某些区域可以吸收太阳辐射出的紫外线。这一大气现象对科学家们来说是一个有趣的谜。解决这一问题将成为“金星快车”探测活动的主要任务之一。同时,科学家们对“金星快车”提供的资料经过分析后得出结论:金星背对太阳的一面云层覆盖高度可达95千米,其薄雾延伸的高度甚至可以达到105千米。据初步推测,金星上厚密云层的形成可能与水的凝结有关,不过这一推论需要探测器收集更多资料来证实。

科学家提出一种金星大气环流模型,高层主要环流是向西的带流,而高度在90千米以下主要是从赤道向极区运动的子午环流。在不同高度,子午环流分为三个环流,即平流层环流、云层(主)环流和低层环流(图9)。云吸收太阳辐射驱动主环流,主环流也驱动其上的平流层环流和其下的低层环流。在近极区(纬度65度)有环状云,这是高度75千米的冷云,而极区有旋涡。

“金星快车”的探测结果显示,太阳风从金星表面卷走了大量氢和其他离子。专家们称这可能与金星缺乏磁场有关。研究表明,金星赤道处的磁场强度至多为地球磁场的千分之一(小于0.0003高斯)。但由于金星的电离层与太阳风相互作用而感生磁场,对太阳风流产生阻碍,在金星周围也形成了类似地球磁层的区域。金星磁层存在电离层顶,位于1.1倍金星半径处,而地球的磁层顶在10倍地球半径处。由于金星没有自身的偶极磁场,因此就没有持久的俘获粒子,也没有辐射带(图10)。■

(实习编辑 冯翀)


图10:金星没有磁场,所以无法防护连续不断的太阳风的侵袭,绘画展示了金星被太阳风猛吹时的情形(太空画)。

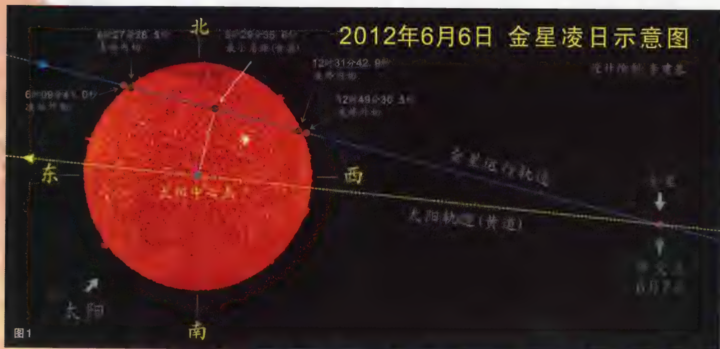


图1

跨世纪的特殊天象——金星凌日

□李建基

今年6月6日，将发生金星凌日天象。当代人可能是最后一次目睹这一天象。因为下一次金星凌日，发生在2117年12月11日，距今105.5年。两次金星凌日发生的时间，间隔有8年、105.5年、8年和121.5年。因此，有些世纪可能一次金星凌日也没有。如以往的9世纪、15世纪、20世纪和未来的26世纪、32世纪。因而，金星凌日，可说是跨世纪的特殊天象。任何一个人，一生中最多可看到两次，最少一次也看不到。

金星凌日可分为五个阶段：凌始外切、凌始内切，食甚（金星与日面中心最近），凌终内切、凌终外切。今年6月6日的金星凌日（地心视象），凌始外切为6时09分41.0秒；凌始内切为6时27分28.5秒；食甚为9时29分35.8秒，最小角距（金星与日心最近）为9分14.4秒；凌终外切为12时31分42.9秒；凌终外切为12时49分30.5秒。全程历时6小时39分49.5秒（见图1，金星凌日示意图）。

这次金星凌日，在欧洲、非洲东部、亚洲、大洋洲、北美洲和南美洲西北部都可以看到，而在非洲西南部和南美洲东南部不可见。我国各地都可看到，其中在东部可目睹金星凌日全过程。

 金星凌日的发生条件

金星凌日发生的原理与日食相似。当太阳、金星和地球排成一条直线，就有可能发生金星凌日（见图2，金星视运动示意图）。但由于金星和地球的绕日运行轨道不在同一个平面上，而是有一个3.4度的倾角。在大多数的情况下，太阳、金星和地球排列成一条直线时（下合日），金星不是在太阳的上面通过，就是在太阳的下面通过。地球每年6月8日和12月10日的前后分别经过金星轨道的降交点和升交点，如果此时日、金、地三者恰好排成一条直线，就会发生金星凌日。2012年6月6日是金星下合日，6月7日金星过降交点，所以出现了金星凌日。

观测表明，金星降交点与下合日相距小于一天（24小时），就会发生金星凌日；相距大于一天，就可能不会发生金星凌日；相距大于两天，就不会发生金星凌日（见图3，金星降交点、下合与凌日示意图）。

 金星凌日有何周期

金星凌日有8年、243年和251年的周期，但可循环的，最基本、最稳定的是243年的周期。243年的周期等于243个地球年（365.256天）、395个金星年（224.701天）和152个会合周期（583.92天）。人们通常认为，降交点（6月8日前后）和升交点（12月10日前后）的金星凌日是成双成对交替出现的，在数量上是平分秋色的。其实不然，两者在数量上不相等，即降交点比升交点的金星凌日多。从公元789年至3227年，共出现37次金星凌日，其中降交点金星凌日有22次，而升交点金星凌日只有15次（见金星凌日一览表）。为何会出现这种现象呢？原来，连续两次的金星



图3

凌日(相间8年),金星下合日经过日面的纬度角距变化大约是20角分,而太阳的视半径只有16角分。如果某次金星凌日,金星从日面中心附近经过,凌日历时接近8个小时,那么,这8年周期的金星凌日,就仅出现一次,而不是两次。资料显示,902年11月26日、1145年11月26日和1388年11月26日,金星都从日面北缘外掠过;2854年12月14日和3097年12月16日,金星都从日面南缘外掠过。

肉眼可看到金星凌日

肉眼是可以看到金星凌日的(要借助滤光镜)。人眼的最小分辨率约20角秒,而金星的视直径角距达57.78角秒。金星视直径,约为太阳视直径的百分之三(见2004年6月8日金星凌日相片);或者说,33个金星排列起来,约等于太阳的视直径。水星凌日,肉眼是看不到的,因为水星的视直径只有12角秒。古今中外,没有人能看到水星凌日。而2004年6月8日,全球有不少人用肉眼目睹到金星凌日。

是谁最早预告金星凌日

在人类历史上,第一次成功地向世人预告金星凌日是"行星运动三大定律"的发现者,德国伟大的天文学家开普勒(1571至1630年)。他在1629年预言:1631年12月7日将发生罕见天象——金星凌日。但这次"金星凌日"给我们留下了四个遗憾:

一、开普勒在一年后病逝,没能亲眼验证这次金星凌日;

二、开普勒当时没有发现金星凌日有一个8年的周期(不连续周期),因此,他错失了预告1639年12月4日的金星凌日现象;

三、由于这次金星凌日发生时,欧洲还处在凌晨,因此,欧洲的天文学家看不到这次金星凌日;

四、这次金星凌日,中国各地乃至亚洲大部分地区都可看到,但至今还没有发现任何书面观察记录。

而在1874年12月9日的金星凌日,中国处于全球最佳的观测位置。当年,美国天文学家华生专程来北京观测金星凌日。当天,中国有两个地方志不约而同地记载到"日中有黑子"。据分析,这可能是中国人首次用肉眼观察到的金星凌日。

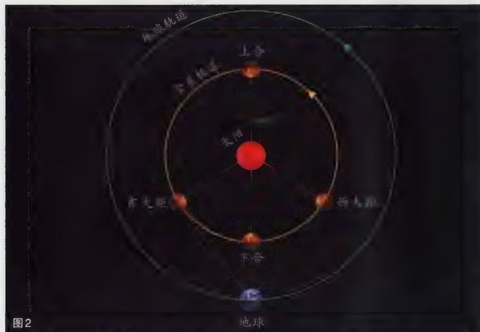
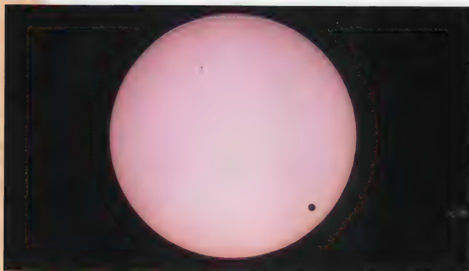


图2

观察金星凌日的方法

观察金星凌日与观察太阳黑子的方法相似,但无论采用何种方法,都必须十分注意眼睛的安全,不能让阳光伤害眼睛。通常有五种方法:

一是目视法。借助滤光镜(巴德膜),



2004年6月8日金星凌日

或烧电焊用的黑玻璃等减光片，凭肉眼就可观察到金星凌日。从保护眼睛的角度看，无论用什么方法，观看金星凌日，持续时间都不要超过10秒。

二是望远镜法。在望远镜的前方（物镜）装上滤光镜（巴德膜）观察，可观察金星凌日的大气现象和"黑滴"现象。

三是投影法。通过望远镜，把太阳投影到白色的板面上进行观察。这样做，安全可靠，又可供多人同时观看。

四是摄影法。用数码单反相机拍摄金星凌日，供日后研究和留念。

五是摄像法。用摄像机把金星凌日的全过程摄录下来，供日后研究和教学之用。



观察金星凌日的要点

观察金星凌日，要抓住主要阶段和重点，才能达到目的。我们应当提早1个小时投入观测。为何要这样做呢？原来，借助大口径的天文望远镜，白天是可以看到金星的。在金星凌日前夕，金星亮度为负3.7星等。由于金星有着浓厚的大气层，通过逆光的透射作用，我们不但可以看到金星圆圆的黑色剪影，而且还可以看到有一丝很细的光环围绕着金星，这一细细的光环就是金星的大气。

今年6月6日金星凌日前夕，太阳高度较低，为我们观察这一少见天象提供了理想的条件。平时我们看到的金星，是太阳顺光或侧光照射的。而这次金星凌日，是在逆光的条件下观察金星。逆光观察金星有何好处呢？其一，可以勾画出金星正圆的轮廓，即剪影，因为平常我们看到的金星，不是正圆的。其二，通过逆光及其阳光的透射、折射和衍射，能进一步了解金星大气的厚度、密度和成分。

第一个发现金星有大气存在的人是俄国科学家罗蒙诺索夫，他在1761年6月6日观察金星凌日时发现金星有大气。因此，在金星凌日进入凌始外切和凌终内切的19分钟内，是观察研究金星大气现象的最佳时机，也是观察金星凌日最重要的阶段。为何要这样说呢？如果两地（相隔几千千米）都观察到这四个阶段的准确时刻，也就是说观测到金星凌日全过程的持续时间，我们就能通过数学方法，求出太阳视差和日地距离（见本期相关文章）。

虽然通过观测金星凌日来计算日地距离，对于今天来说，没有什么重要意义了，因为现在可以通过其他更好的方法来计算日地距离。但通过观测金星凌日的实践，可以检验我们的观测方法、观测仪器和观测数据能否达到预期的目的。观测金星凌日的凌始内切和凌终内切期间，我们还可能观察到有"黑滴"现象，即太阳边缘与金星边缘靠得很近并将要接触时，有很细的丝条将两缘连接，这可能是光的衍射现象。



如何拍摄金星凌日

拍摄金星凌日与拍摄太阳黑子和日偏食的方法相似。用望远镜拍摄，望远镜的口径要等于或大于80毫米，焦距要等于或大于500毫米为好，配上赤道仪就更好。用相机镜头拍摄，镜头焦距最好大于500毫米，用数码单反相机配上快门线拍摄。拍摄前，要校正数码相机的内置时钟或了解相机内置时间与北京时间相差多少秒，以利日后给相片标上准确的拍摄时间，并可确定当地金星凌日的凌始内切和凌终内切的准确时间。滤光镜用巴德膜最好，安置在望远镜物镜的前面或相机镜头的前面。相机感光度（ISO）调至100或最低。镜头光圈用小光圈或最佳光圈。望远镜的光圈是固定的，不可调。拍摄时快门速度越快越好，通常不少于百分之一秒。

今年是太阳活动高峰年，日面上经常有太阳黑子出现。如有太阳黑子，先拍摄太阳黑子，善用相机曝光补偿，从曝光稍欠和稍过各拍几张，以拍得太阳黑子的本影和半影层次分明、反差明显为理想，并以之作为最恰当的曝光值拍摄金星凌日。金星凌日的拍摄，关键和重点是拍摄凌始外切至凌始内切和凌终内切至凌终外切的过程。每个过程大约历时19分钟，可能要拍摄10多张相片，力求能拍摄到金星大气现象和"黑滴"现象。从凌始内切至凌终内切，虽然历时接近6个小时，可大约每隔15分钟拍摄1张相片，事后就可合拼成一张"葫芦串"的金星凌日路径图。不要忘记，把金星凌日与太阳黑子拍摄在同一张相片里，并在凌甚时（9时30分，金星最近日心），用不同的曝光值（曝光稍欠和稍过）拍摄几张金星凌日。日后，选取曝光值最佳的一张金星凌日相片送给您的朋友留念。



金星凌日与日地距离

在人类历史上，观察金星凌日曾作为测量太阳视差和日地距离（天文单位）的科学活动。17世纪初，人们对地球与太阳的距离还没有一个准确的数据。人们只知道木星距离太阳比地球远，金星距离太阳比地球近。天体越远，视差越小。但远多少，近多少，众说纷纭。当时的开普勒以及不少天文学家都认为，太阳视差大约是180角秒，这与今测值相差20多倍。因

此，天文学家认为，测定太阳视差是“天文学中最崇高的问题”，又是“丈量宇宙的标准”。

1716年，英国天文学家哈雷(1656至1742年)建议利用金星凌日去测定太阳视差和日地距离，这是当时精确测定太阳视差的理想方法。哈雷的观测方法是：两地(相隔几千千米)同时观测金星凌日，根据两地金星凌日经过日面弦线的时间长短，通过数学方法求出太阳视差。在那时，测定时间的精度远远超过测量角度的精度。1761年，全球天文界组织了130多个远征队到世界各地观测。当时观测结果差异较大，太阳视差为7.5至10.5角秒。1769年，世界各地的天文学家分布在77个地点观察，观测结果大有进步，太阳视差在8.5至8.8角秒之间。法国天文学家潘格雷(1711至1796年)综合分析了全部观测资料，在1775年公布了最新结果：太阳视差为8.8角秒。这在当时是一个十分准确的数据，可惜18世纪大多数天文学家没有承认它。

1870年，美国天文学家纽康(1835至1909年)成立了观测1874年和1882年金星凌日的国际“金星凌日委员会”，并计划首次启用照相方法观测金星凌日。1874年的观测结果，太阳视差在8.76至8.91角秒之间。1882年，纽康成立了金星凌日观测队，亲自带队到南非观测。1882年的观测结果，太阳视差在8.80至8.85角秒之间。纽康综合分析了四次(1761年至1882年)金星凌日观测资料发现，要得到更准确的太阳视差值，还必须要有更准确的光速和光行差常数值。

1895年，纽康综合分析了各种观测数据，最终得出太阳视差为8.797角秒，并得到国际天文界的承认。从1896年至1967年，国际天文界都采用了纽康制定的太阳视差值。目前，国际天文界一致公认最准确的太阳视差为8.794148角秒，日地距离(天文单位)为149597870千米。

现今，测量日地距离(天文单位)已不采用观测金星凌日的方法，而采用雷达测距。方法是：用雷达在金星下合日时测量地球与金星的距离，再在金星上合日时测量地球与金星的距离，然后将这两次的距离相加再除以二，就能得到比较准确的日地距离了。



金星凌日的五个世界第一

世界上第一个用肉眼观察金星凌日的人是阿拉伯自然科学家、哲学家法拉比(870至950年)，他在一张羊皮纸上写道：“我看见了金星，它像太阳面庞上的一粒胎痣。”据分析，法拉比一生中仅目睹到一次金星凌日，这次金星凌日发生在公元910年11月24日。

世界上第一个向世人预告金星凌日的是德国伟大的天文学家开普勒(1571至1630年)。他在1629年出版的《稀奇的1631年天象》一书中写道：1631年12月7日将发生金星凌日。

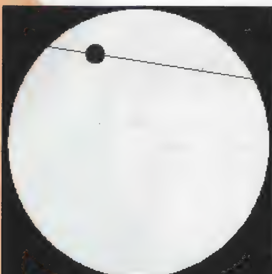
世界上第一个用天文望远镜观察金星凌日的是英国的天文学家霍罗克斯(1619至1641年)和克拉布特里。他俩在1639年12月4日用望远镜观察到17世纪最后一次金星凌日。

世界上第一个提出用金星凌日测量日地距离(天文单位)的人是英国天文学家哈雷(1656至1742年)，他在1716年建议在世界各地联合观察金星凌日，并论述了利用金星凌日测量太阳视差的方法，这是当时精确测定太阳视差的理想方法。

世界上第一个发现金星有大气存在的人是俄国科学家罗蒙诺索夫(1711至1765年)。他在1761年6月6日观察金星凌日时发现金星有大气存在，这是人类首次在其他行星上发现了大气。■ (责任编辑 齐锐)

公元789年至3227年金星凌日凌始外切至凌终外切一览表(北京时间)

789年5月24日20时6分至25日3时52分
797年5月22日15时19分 至18时56分
902年11月26日17时前后金星从日面北缘外掠过
910年11月24日 1时59分 至 9时56分
1032年5月24日23时37分 至25日7时7分
1040年5月22日18时20分 至23时11分
1145年11月26日16时前后金星从日面北缘外掠过
1153年11月24日 1时6分至 8时46分
1275年5月26日 3时17分 至10时26分
1283年5月23日 21时9分 至24日2时45分
1388年11月26日14时前后金星从日面北缘外掠过
1396年11月23日23时46分 至24日7时11分
1518年5月26日6时31分 至13时19分
1526年5月24日 0时6分 至6时11分
1631年12月7日11时37分 至14时54分
1639年12月4日22时53分 至5日5时53分
1761年6月6日 9时59分至16时25分
1769年6月4日 3时7分 至9时32分
1874年12月9日 9时41分 至14时26分
1882年12月6日21时52分 至7日4时11分
2004年6月 8日13时14分至19时26分
2012年6月6日 6时10分至12时50分
2117年12月11日 7时58分 至13时40分
2125年12月8日21时15分 至9日2时47分
2247年6月11日 16时42分 至22时20分
2255年6月9日 9时13分 至16时7分
2360年12月 13日 6时44分 至13时8分
2368年12月10日20时42分 至11日1时8分
2490年6月12日19时54分 至13日1时6分
2498年6月10日 12时5分 至19时15分
2603年12月16日 5时12分 至12时12分
2611年12月13日 至20时38分 至23时22分
2733年6月15日23时44分至16日4时7分
2741年6月13日 15时14分 至22时42分
2846年12月17日 4时 22分 至11 时 44分
2854年12月14日20时前后金星从日面南缘外掠过
2976年6月17日 2时58分 至6时43分
2984年6月14日18时0分 至15日1时43分
3089年12月19日 2时59分 至10时44分
3097年12月16日19时前后金星从日面南缘外掠过
3219年6月20日6时37分 至9时20分
3227年6月17日20时53分 至18日4时45分


2012年6月6日金星凌日轨迹示意图

2012年6月6日，一场激动人心的天空盛宴即将上演，这就是金星凌日。这一罕见的天象两次一组，两次相距8年，两组之间相距100多年。上一次是2004年6月8日，对于很多静友来说，那是第一次与金星凌日相约，或许由于种种原因没能很好地观测拍摄到这一天象，那么8年了，你准备好了吗？

金星凌日的观测与摄影

□任萃毅

科学史上，金星凌日曾有着很重要的用途——测定日地间距离，这是天文学中一个重要的基本参数。1716年英国天文学家哈雷首先提出这一方法，但他知道"天假其才，不假其寿"，机会与己无缘。

金星凌日时，金星在日面形成一个视直径约1′的黑点，约为太阳视直径的1/30，这要比凌日时水星的视直径大很多，仅凭人眼就能观测到。最简便的方法自然是配置一副太阳观测眼镜，很多资料都告诫大家绝对不要用肉眼直接观测太阳。凌日不同于日全食的是，太阳始终无遮无挡，太阳光几乎未被削弱。若购买巴德膜太阳观测眼镜或自制观测镜，建议够买系数为5.0的巴德膜。用彩色负片或烟熏玻璃充当滤光片也不提倡，它们只能削弱太阳的可见光，而对其他波段的有害光削减率极低，同样会对眼睛造成深度伤害。一些严重的损伤，开始的时候没有任何感觉，数小时之后症状才发作，彼时一切都晚了！


图1　巴德膜减光装置

使用望远镜观测，建议采取物镜端减光的方式，具体做法就是给望远镜物镜端做个巴德膜的罩子，50~80mm口径的望远镜做全直径巴德膜罩子，口径再大的望远镜，只要具备80mm的实际通光口径即可，再大就是浪费。这样做也使得放大倍率在100倍左右时具有足够的清晰度，以便比较清晰地看到"黑滴现象"。最后，别忘了给寻星镜做个减光罩！

拍摄记录金星凌日，其看点有二：一是精确记录整个凌日过程的时间。凌日的整个过程分别是凌始外切、凌始内切、凌甚、凌终内切和凌终外切。前后四次相切的时间是很重要的，是早年利用金星凌日测日地距离的重要参数，虽然对于今天来说没有什么现实意义了，但通过记录金星凌日的时间，尝试日地间距的计算，可以检验我们的观测方法，了解设备性能和积累观察经验。对此有兴趣的读者可以关注文后"延伸阅读"的内容。

看点之二就是对黑滴现象的记录。面对着灯光，闭上一只眼睛，将两个指尖放在眼前10厘米处逐渐靠近，两指接近时，虽没有接触，却能够看到指尖之间有阴影把它们"粘"了起来，好似有水滴相连，这就是所谓的"黑滴"现象。凌始内切和凌终内切时，太阳边缘和金星边缘互相靠得很近即将接触时，也会发

生类似现象，这就是金星凌日的“黑滴”现象，其成因更复杂。

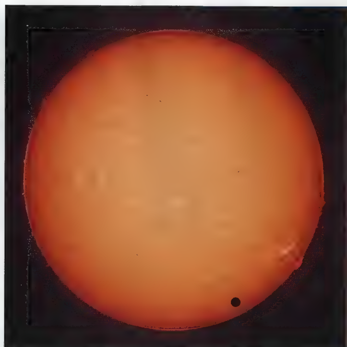
在夜里就校准好极轴，拍摄时采用太阳速度跟踪。以佳能EOS400D单反相机为例，如果要把整个太阳大小适中地置于相机取景框，主镜焦距在1000mm左右比较合适。如果拍摄当日有明显的太阳黑子，可以利用黑子来手动对焦，如果没有，可以用远处5Km外的地面景物或建筑来对焦。反复调整曝光参数，取一个合适的值，之后随着太阳升高只需稍加调整即可。使用长焦望远镜拍摄局部，事先一定要确定好金星入切的大致位置，免得临阵手忙脚乱四处找目标。

使用摄像头直焦拍摄录像来记录金星凌日也许是更好的方式，理由陈述如下。

四个相切过程和“黑滴”现象的拍摄需要争分夺秒，相机即便是高速连续拍摄，也不如录像的无间断拍摄记录得更全面，而且录像还可以通过回放查知稍纵即逝的一些细节。为了清晰地拍摄到“黑滴”现象，单反相机直焦法需要主镜有很长的焦距(或者加Barlow镜)，而摄像头直焦很轻松就能捕捉到细节。使用一台150/1800的马卡镜(巴德膜减光罩可以做100mm直径)接Imaging行星摄像头、QHY5或者其他大分辨率摄像头拍摄，成像面积大，有利于捕捉到金星。软件叠加后处理出来的单张照片较之单反出图不分伯仲。有条件的还可以尝试一下使用日饵镜拍摄金星凌日。

值得注意的是，使用摄像头直焦摄影需要用到笔记本电脑，这次凌日的总时间大约6个多小时，供电是一个大问题，所以在选择拍摄地点时尽量能找到有220V市电的场所。实在寻觅不到市电，可以采取逆变器转接汽车蓄电池的办法，拍摄时把电脑屏幕亮度降至最低，如果能关闭屏幕最好。只要前后四个相切过程拍摄到，中间过程可以间断拍摄，尽可能节约用电。此外，长时间拍摄对数据存储器的容量来说也提出了高的要求，AVI格式的数据量很大，准备一个大容量的移动硬盘，最好事先试拍一下，做到心中有数。

关于观测地点的选择这里简单讨论一下。这次凌日发生的



日饵镜中的金星凌日(Stefan Seip摄)

时间是北京时间6点钟左右(各地略有差别)，我国东部地区太阳都已经升起，高度基本上都在10度以上，天文条件都不错，这样就排除了中西部地区；谋事在人，成事在天，唯一需要考虑的是气象因素。受季风影响，六月的南方雨水渐多，阴雨少晴是家常天，江南地区更是闷湿的梅雨时节，副热带高气压带的控制很不稳定，另有台风之虞；而北方，特别是东北地区这时候却属于气候上相对以晴天见多的稳定阶段，而且温湿度也处于对人对器材都相对适中的时期，所以笔者这次更倾向于东三省。

下一次金星凌日发生在2117年12月11日，如果这次再错过，那真的要保重身体了。抓紧准备起来吧，祝愿大家六六大顺！

(责任编辑　张恩红)



壁画：1639年12月4日，英国天文学家霍罗克斯(Jeremiah Horrocks)的[illegible](William Crabtree)在日落前观测金星凌日的场景。该壁画现悬挂于英国曼彻斯特市政厅。

延伸阅读 利用金星凌日计算日地距离——时间计量法

利用金星凌日计算日地距离方法如下。

如图2所示，地球上A、B两个观测点同时观测金星凌日，会发现金星划过太阳表面形成的弦线的位置有所不同，见图3(为了便于表述，图中比例关系严重失真)。

首先要知道A、B两个观测地精确的经、纬度值，由此推算出图2中A、B两点的球内直线距离d的大小，然后A、B两个观测点分别做以下工作：

用秒表精确记录下凌终内切到凌终外切的时间，目的是求算出走过一个金星视直径的距离所需要的时间。太阳视直径约1892.27″，金星视直径约57.81″(作者利用STARRYNIGHT软件模拟当天实际情况后，根据软件给出的参数得出的计算值)，金星视直径/时间就是金星划过日面的速度V。因为人的因素，凌始外切，虽然其发生的时间和切入日面的位置可以事先精确查知，但在实际操作中很难精确定位，所以一般不使用凌始外切到凌始内切的时间，但可以做为参照。

用秒表精确记录下凌始内切到凌终外切的时间，最好由同一观测点的几个人同时记录，所得数据用统计方法取舍后取值。

具体计算分析见图4：

金星划过日面的速度V前面已经求出，设CD为A观测点记录的凌始内切到凌终外切的路径，时间为t，则CD＝V×t，同理求出B观测点记录的路径EF的长度。r为太阳视直径的一半，由以上已知条件通过三角函数就可以算出MN，也就是θ角。看到这里，可能有些读者会说，从A、B两个观测点所拍摄的金星轨迹的叠加照中用尺子直接量出MN的长短(数码照片可用相应的图像处理软件)，然后再量度出照片上太阳直径，二者之比再乘以太阳视直径，就知道MN所对应的张角θ的大小了，何必如此大费周折去精确测量时间呢?

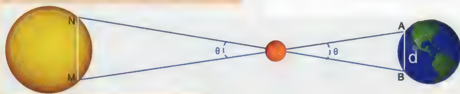


图2

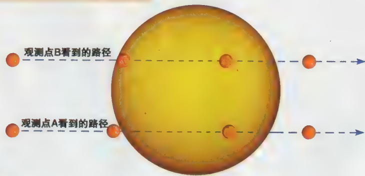


图3

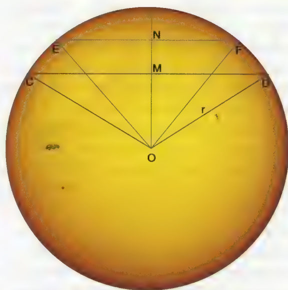


图4

回答：示意图为了阐述问题方便，比例是失真的，实际观测时，两地得到的照片上MN距离很近，难以用尺子量度，操作步骤过多也会带来较大的累积误差，而使用秒表计时，化长度测量为时间测量，既简化步骤，又提高精度，这正是哈雷的聪明之处！

A、B观测点之间的距离d和θ角既已知晓(简化起见，A、B与金星之间形成的三角形就当作等腰三角形)，则金星到地球之间的距离$R_{金地}$可知。接下来的奇迹将由开普勒第三定律创造，它给出了一个重要的关系式——$R^3=kT^2$，R为行星绕日运行平均半径，T为行星运行周期，由此得到下述关系：

$$\frac{R^3_{日地}}{R^3_{日金}}=\frac{T^2_{日地}}{T^2_{日金}}$$

问题到这里又归结为对时间的精确测量，多么奇妙！而地球运行周期和金星运行周期很早就测算得非常精确了。$T_{地球}$＝365.24220地球日，$T_{金星}$＝224.701地球日，则：

$$\frac{R_{日地}}{R_{日金}}=1.382453811$$

即

$$\frac{R_{日地}}{R_{日地}-R_{金地}}=1.382453811$$

$$R_{日地}=\frac{1.382453811R_{金地}}{0.382453811}=3.615R_{金地}$$

需要说明的是：上述的方法简化了很多条件，总体误差还是会很大的，更精确的方法可参考本期王雨佳和林逸超的文章。关于A、B两个观测点，可以同国外的观测者一起完成这项工作，增加乐趣的同时也增强了交流。■

金星凌日的期待

□杭州高级中学天文社 王雨佳 林逸超

从两年前被杭高天文社录取的那天起，我就开始对金星凌日这一特殊天象的到来充满期待。金星凌日总是成对出现，杭高天文社的墙上挂着2004年6月8日金星凌日时学长学姐们观测活动的照片，以及拍摄的金星凌日全程靓照，让我无比神往。8年后的2012年6月6日，与它同一组的金星凌日即将上演，天文社人人都蓄势以待，期望能进行一次成功的观测。因为错过了这一天，下一个机会就得再等上105年！

我对于利用金星凌日测量日地距离的理论与实践比较感兴趣，而这项活动学长们在2004年没能达成。所以，我老早就开始着手与之相关的资料准备和整理，在此与大家一同分享。



金星凌日的发生规律

上一次金星凌日发生在2004年6月8日，而之前两次则分别发生在1874年12月9日和1882年12月6日，那么据此我们可以猜测之后的两次也发生在12月上旬，而再过后的两次是在6月上旬。

金星和地球的公转轨道平面有一个约3.4°的轨道倾角，使得金星轨道与地球轨道平面存在两个交点，分别为升交点(Venus South Node)和降交点(Venus North Node)，凌日现象只会发生在这两个交点上(别的空间位置上发生上合时，日金地三者并不在同一直线上)。地球经过金星轨道的升交点的时间在12月22日前后，过降交点的时间在6月6日前后。所以凌日现象只会在这两个日期附近发生。

金星(公转周期224.70天)与地球(公转周期365.25天)的一个会合周期为584天，即2.6个金星年，1.6个地球年。也就是说，不是每次金星下合的时候，金星都刚好在升交点或者降交点附近，而在小周期中第一次凌日过后的5个会合周期之后(13个金星年，8个地球年)，金星将再次在升交点(或者降交点)处达到下合。这时才有可能再次发生金星凌日。

同时，在比较大的时间尺度上，金星凌日还有着105.5年和121.5年的循环间隔，也就是说，理论上金星凌日发生的规律为：降交点处的第一次凌日→8年以后降交点处的第二次凌日→105.5年后升交点处第一次凌日→8年以后升交点处的第二次凌日→121.5年以后第二个大周期中降交点处的第一次凌日，如此循环下去。当然细节更复杂一些，读者可以参考本期《天文爱好者》李建基老师的文章。

对原理有了一定的了解之后，我们就可以开始为拍摄工作做准备了。

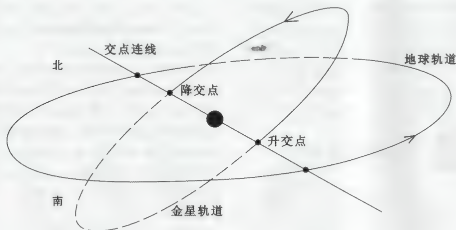


图1：由图可以推知，在升交点发生金星凌日时，金星从南向北越过日面，降交点则恰恰相反。



用望远镜拍摄金星凌日

1)选择合适的观测地点。这一点至关重要，凌日开始时太阳高度角只有13.7°(以笔者所在地杭州为30° N、120° E，不同地点的凌日信息可以在"http://xjubier.free.fr/en/site_pages/VenusTransitCalculator.html"网站中查询到)，所以为了拍到凌始外切，登高是比较好的选择。脚架要放置在坚硬的地表，或者通过增加支撑系统的总重来提高稳定性。另外不管怎么放置都要尽量保证周围的震动最小(这方面笔者曾经在月全食时吃过亏)。

2)精确校准望远镜极轴。这次金星凌日从凌始到凌终时间长达6个半小时(具体时间因各地经纬度差异而不同)，所以拍摄过程中，望远镜极轴的精确校准是非常重要的。时间接近夏至，太阳在4点左右升起，就是说在凌日之前的一段时间我们无法用北极星来校准极轴。所以建议凌晨时先初步校准，日出之后将目标对准日面上的黑子再次进行跟踪校准。调



图2:2004年金星凌日时,天文爱好者拍摄的黑滴与光晕现象特写。

焦和试拍的工作最好也在凌日开始之前进行,一旦进入拍摄阶段,就尽量不要再做调整,以方便之后的处理工作。

3)器材的选择。选用器材方面,建议使用小口径的折射镜(口径50mm~120mm,依拍摄者需求变动)。在安全方面需要格外注意的是滤片的安装,必须要保证滤片已正确安装然后才能将单反接到镜子上,否则相机CMOS/CCD会被烧坏!同时,由于凌日的全过程长达6小时,请做好防晒措施,尽可能让仪器保持冷却。

接下来给大家推荐下值得拍摄的内容。



金星凌日拍摄看点

黑滴现象:在凌始内切和凌终内切结束,金星即将脱离日面边缘时,我们会发现有一条黑线将金星与日面边缘连接,就像水龙头上的水滴一样。这就是黑滴现象。是大气抖动、光的衍射以及镜子极限分辨率等多个方面带来的影响。

光晕(光环)现象:在入凌和出凌阶段(凌始外切→凌始内切,凌终内切→凌终外切),金星的边缘会出现极细的"光环"。根据这一现象,罗蒙诺索夫在1761年的时候推断出金星具有浓密的大气,太阳光因通过金星大气层发生反射、散射从而形成光晕现象。

金星凌日时值得注意的位置有四个:凌始外切,凌始内切,凌终内切和凌终外切。黑滴和光环也是发生在这四个特殊位置。所以拍摄时凌始和凌终这两个阶段是绝对不能大意的。

金星凌日特写:本次凌日时,金星约在日面上部1/4处穿过,要体现出金星的移动,就需要把日面的黑子和光斑等拍摄下来。拍摄时要正对太阳的方位,采用合适的焦比与视场,最好能同时拍摄下金星、黑子和太阳的部分边缘。特写无需覆盖整个凌日路线,但为保证成功率,仍要多拍摄几张。尤其是入凌和出凌阶段的特写。

金星凌日全程串像:想要同时拍摄全过程的同好们不必过于频繁地按快门,一般情况下10~20分钟拍摄一次即可,有必要的话可以多拍几帧进行叠加。如果拍摄当天天气不佳日面上有云,可以选择适当提高拍摄频率,或者抓住日面上云较少的时刻按下快门。完成之后,把时间间距一致的照片挑选出来,就可以合成一张凌日的串像。

目视与双筒镜观测:目视观测,或者打算用双筒观测的话可以买来巴德膜自制大小合适的滤镜,罩在望远镜前端。在保护眼睛的同时也有较好的观测效果,需要强调的是尽管滤镜有减弱辐射的作用,但是还是不要长时间地注视日面,其他观测要点与日食类似,这里就不多提了。



测算日地距离

十七世纪以来天文学家们就热衷于利用金星凌日来测算日地距离,因其在天文学史上曾有着极其重要的意义。我们知道,日地距离是度量太阳系大小的一把尺子,以这把尺子为单位,我们可以轻易利用开普勒第三定律推算出其他行星的距离,故又叫天文单位。当时的天文学家们利用哈雷已设计出方案通过金星凌日推算出的日地距离大约为1.4934亿±9.6万千米亿千米,现在的科学家们利用雷达测距的方法测得的数据为1.49597870亿千米,从中我们可以看出利用金星凌日测算日地距离这个方案是可行的。

2004年凌日时杭高天文社也曾经想利用金星凌日进行日地距离的测算,但当时我们联系到的澳大利亚的学校,没有能够提供他们的观测资料,我们自己的一些数据的测量方面也不够精确,最终未能如愿。8年后的今天,本世纪的最后一次金星凌日,学长学姐们没有实现的梦想将由作为后辈的我们继续下去!这次金星凌日全过程的地点大部分在太平洋上,位于陆地上可观测全过程的地点只有亚洲东北部分、阿拉斯加、加拿大北部以及澳大利亚的部分地区。所以中国与澳大利亚是少数几个可以利用纬度差异的方法来测算日地距离的地区之一。

下面本文将对爱好者们比较关注的计算方法进行简单的交流。有兴趣的同好们不妨试试看。这里提供的方法都较为简单,可以用来进行验证实验,如果对更精确的计算方法有兴趣可以查阅欧南台的Education版面http://www.eso.org/public/outreach/eduoff/vt-2004/Education。

我们所需要的理论基础有:1、基础几何知识;2、开普勒第三定律及其应用;3、

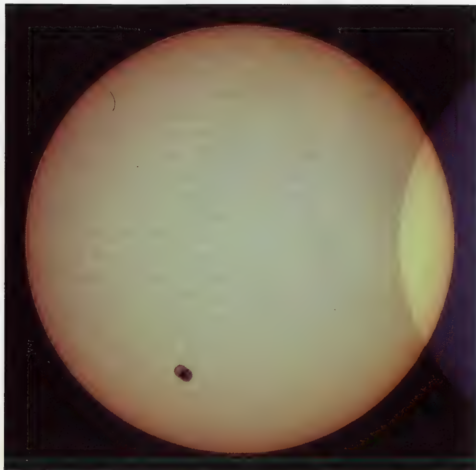


图3:2004年在德国的Essen(51.4594°N,7.0161°E)和纳米比亚的Uis(21.133°S,14.817°E)同一时刻拍摄到的金星凌日,上北下南。可以看到金星在日面上的位置差异。这就是由于两地位置的不同而导致的看金星的角度不同(即"三角视差")造成的,据此可求出日地距离。如果是在同一经度处或纬度处观测,可以简化计算。

视差的定义和测算;4、天体运行规律;5、底片比例尺。其中开三定律是我们在高中阶段学习过的,视差的相关知识、天体运行和底片比例尺大家可以上网自学一下。我们介绍两种方法,与本期《天文爱好者》上任萃毅老师介绍的方法原理相近,但是又各有特点,大家可以仔细体会。

1)同一经度上的测量方法

实施的难度较大,需要找到纬度相差较大的两个同经度地区(A、B)同时进行观测,例如:杭州(30° N,120° E),西澳的纽曼(23.5° S,120° E)。如右图。Δβ为A、B两地看到金星在日面上的两个投影(A'、B')的角度差,也就是A'B'相对于地球的张角。β_A、β_B可以通过测量A、B两地观测到的日面中心与金星视面中心的角度差得到。β_v为从AB两地观测到的金星的视差,无法直接量出。

地球上两个位于不同纬度的观测者在同一时刻(最好为正午时分,因为观测者所在地与太阳、金星所在空间位置更接近于同一平面,这使得计算更为方便,得出的结论更加精确。杭州所在经度发生凌日的时间为6:11~12:48,故可在正午时观测,而对于107.85° E以西即在正午时金星凌日已结束的地区,请尽量在接近正午的时刻进行观测),用参数相同的设备对金星进行观测,例如:两地的观测者需要使用放大倍率、视场大小、极限星等、光力等参数相同的望远镜,最好使用相同的设备,进行观测;同时为了获得我们所需要的数据,还要求两地的观测者利用ISO、快门速度、画幅和其他参数(曝光补偿、白平衡、分辨率等)设置为相同的同型号单反进行拍摄。

将所得的两组照片进行叠加我们会看到两地所得到的金星在日面上的位置是不同的(见图3),测量出这个位置差之后,利用"底片比例尺"公式计算出这个距离从地心观测所对应的角度(Δβ)。β_A和β_B则可以通过直接从当地测量日面中心与金星视面中心的角度差得到。得出有关数据之后我们可以作出图4并利用图中的几何关系进行计算。

如图所示,A、B分别为地球上同一经度上的两个观测地,A'、B'分别为同一时刻两地看到的金星在日面上的位置,r_e为日地距离,r_v为金地距离,C为日面中心。我们从图上量出A、B两地看到的金星在日面上的两个投影(A'、B')的距离为L毫米,利用底片比例尺公式($L=F\times\tan\alpha\approx F\cdot\alpha$,当α很小时)可以求出它所对应的角度(即A'B'相对于地球的张角Δβ)应为:

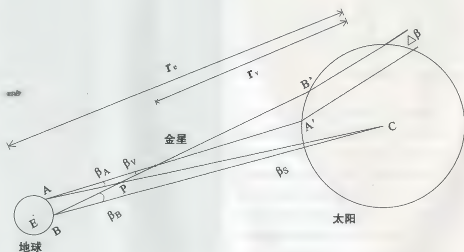


图4:在同一经度、不同纬度处观测金星凌日测量日地距离原理示意图。

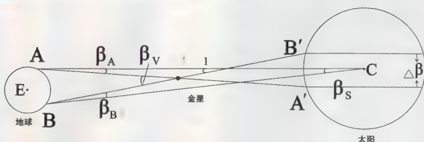


图5:在同一纬度、不同经度处观测金星凌日测量日地距离原理示意图。

$\Delta\beta$ =∠A'EB'≈∠A'AB'≈∠A'BB'=L/F 弧度(F为望远镜焦距,单位为mm)　(1)

由图可知β_v=∠A'BB'+∠BA'A,考虑到太阳半径CA'远小于日地距离,因此AB相对于日面上A'点的张角∠BA'A可以近似认为等于AB相对于日心C的张角∠BCA(即图中的β_s),因此有:$\Delta\beta=\beta_v-\beta_s$,又根据$\beta_A+\beta_V=\beta_B+\beta_S$,可推出:

$$\Delta\beta=\beta_V-\beta_S=\beta_B-\beta_A=\beta_S(\frac{\beta_V}{\beta_S}-1) \quad (2)$$

因为r_e远大于AB,三角形ABC可视为等腰三角形,它的高可视为日地距离r_e。角β_S为小量,因此:$\tan(\beta_S/2)\approx\beta_S/2=AB/2/r_e$,即:$r_e=AB/\beta_S$,同理,AV(等于$r_e$-$r_v$)远大于AB,$\beta_v$也为小量,因此有:

$$\beta_v=\frac{AB}{r_e-r_v}\text{，}\beta_S=\frac{AB}{r_e} \quad (3)$$

将(3)代入(2)式可以得到:

$$\Delta\beta=\beta_S(\frac{r_e}{r_e-r_v}-1)=\frac{\beta_S\times r_v}{r_e-r_v}\text{，}$$

移项得:

$$\beta_S=\Delta\beta(\frac{r_e}{r_v}-1) \quad (4)$$

根据开普勒第三定律可以求出$\frac{r_e}{r_v}=\sqrt[3]{(\frac{T_{Earth}}{T_{Venus}})^2}$,代入(4)式,再结合(3)式,可以求出日地距离$r_e$的数值(等于AB/$\beta_s$)。

2)同一纬度上的测量方法

此法的操作性对于前者稍差,同时精准性略低(大家想想为什么),但对于中国来说要找到纬度相同经度相差较大的两个地点进行观测相对来讲比较容易。

如图5所示,假设日金地三者位于同一平面上,同样地,$\Delta\beta$=∠A'EB'≈∠A'AB'≈∠A'BB'=L/F 弧度(F为望远镜焦距,单位为mm):

β_S=∠ACB≈∠AB'B

从图中得出:β_V=∠B'AA'+∠AB'B,因此有:$\beta_V=\Delta\beta+\beta_S$

通过∠1得:

$$\angle 1=\beta_B+\beta_S\text{，}\beta_V=\beta_A+\angle 1$$

通过与上述相类似的推导方法得:

$$\Delta\beta=\beta_V-\beta_S=\beta_A+\beta_B=\beta_S(\frac{\beta_V}{\beta_S}-1)$$

套用上一个方法的公式得到:

$$\beta_S=\Delta\beta(\frac{r_e}{r_v}-1)\text{，}r_s=\frac{AB}{\beta_S}\ (=1AU)$$

以上两个方法在计算方面的区别在于方法一中$\Delta\beta$为两地观察到的日面中心与金星视面中心的角度之差,方法二中$\Delta\beta$为两地观察到的日面中心与金星视面中心的角度之和。

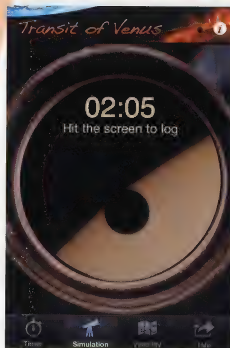


注意事项

有条件的爱好者们可以同时进行两个实验,进行对比分析误差,一般情况下利用纬度差异进行的计算误差较大,但是不管是以上哪种测量方法,都对时间的精确性有很大要求(尤其是联站观测)。而实地观测中,黑滴效应又会对观测者对于凌食开始的时刻的判断造成很大的干扰,使得观测者无法正确地判断出凌食过程中的四个重要时刻。这也是2004年金星凌日时,我们的学长学姐们没有解决的一个难题,但是现在我们可以利用apple的免费软件——Venus Transit简单地解决。

使用方法很简单,Venus Transit里面可以自行设置所在地点的经纬度,设置了地点信息之后,Timer中会显示当地凌始外切,凌始内切,凌终内切和凌终外切的具体时刻,Simulation里设置有用望远镜的视场看到的凌始和凌终的细节,可以供观测者与实际观测当中看到的凌始凌终进行对比,以便更精确地得出开始结束的时间。

2004年凌日时,由于杭州天气不好杭高天文社的同学们在前一天远征到江西鹰潭进行观测,今年我们仍希望凌日当天杭州天气适于观测,如果天气还是不够好,我们将踏着学长学姐们没有完成的路在杭州以外的地方观测,与全世界看星星的人们联合观测,并和西澳的天文学家联站观测共同分享所得到的数据,进行验证日地距离的课题。■　(责任编辑　李鉴)



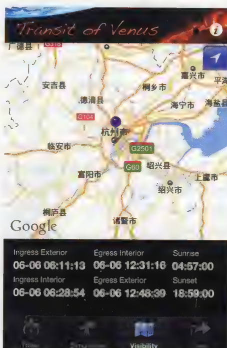


图6:苹果系统下的免费App软件Venus　Transit截图

2004金星凌日观测记实

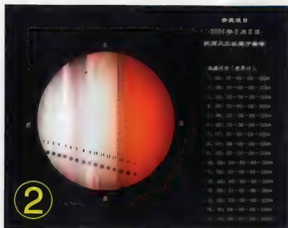
□杭州高级中学　林岚

金星将影子投在太阳圆面上，缓慢地从明亮的日面上经过，天文学家称这种现象为“金星凌日”。2004年6月8日的金星凌日，是当时杭高天文社的一项重大观测活动。那时活在世上的人中还没有人有幸看到过这一奇景，这激起了天文社同学的极大兴趣。翻阅历史资料会发现，在天文科学史上关于金星凌日的观测曾经有过很多有趣的记录，开普勒运用著名的开普勒定律，预言了1631年的金星凌日，但遗憾的是他没能活到那一年亲自验证他的预言。18世纪，哈雷提出了利用金星凌日计算日地距离的巧妙想法，但是如同他对哈雷彗星回归的预言一样，他同样没有能等到亲自验证就去世了。而后的天文学家按照哈雷的提示长途跋涉，前往世界各地进行观测，根据不同观测点观测得到的数据，在人类历史上第一次较准确地计算出了日地距离。这些事件更激发了同学们想成功观测金星凌日的热情。

对杭高天文社的同学来说，成功观测金星凌日似乎是一个挑战。因为那时江南已进入雨季，阴雨连绵的日子常会持续几十天。不过，早在半年前天文社的同学们就开始对金星凌日观测进行准备了。在摸索和准备观测的过程中，同学们以金星凌日为题，写了不少科普文章，让更多人开始关注这一难得的天象。

欧洲南方天文台和欧洲天文教育联合会在网上开展了金星凌日全球联合观测活动，让学生、教师和天文爱好者有机会亲自尝试历史上著名的观测壮举，并可以和当


在临时搭建的遮阳篷下进行金星凌日网上直播工作

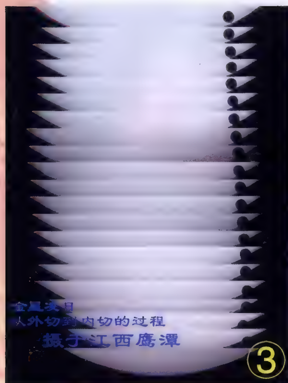


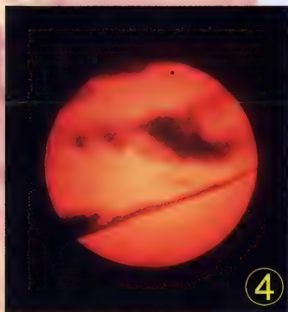
代科学家进行直接的交流。我们天文社也参加了这项全球性的活动，我们不但在网上获得了很多的观测经验和知识，还和德国、澳大利亚的学生交朋友、商讨观测活动。我们在欧洲南方天文台的金星凌日网页上注册了三台望远镜，分别是高桥EM11+FS102、一台简易小望远镜，还有一台座落在杭州高级中学教学楼楼上的WPK40CM望远镜。

随着金星凌日观测日期的临近，天气问题日益引起同学们的关注，同学们把每天的云图打印下来，贴在墙上，动态地分析着天气的变化趋势，情景却越来越不乐观。历史上科学家为了金星凌日远征观测的故事，激发了我们远征的渴望。在金星凌日的前一个星期，远征计划开始酝酿。根据云图的分析，我们要向北移动到黄河附近才能避开低压云带，但往西最近只要出浙江、进江西境内就有希望了。鹰潭这个重要的铁路枢纽城市成了我们的首选。

其实要带着设备去那么远的地方，还真下不了决心，而且学校也不会同意。7日晚上，10个最铁杆的队员聚在天文台，不肯散去，杭州的天气肯定没指望了。最后的机会是晚上11:50发往鹰潭的火车。眼看着桌子上的台钟一分一分地跳着，快到9点了，我也着急了起来，经不住同学们的苦苦哀求，“走”，话音一落，10个同学迅速分成两队，一队准备行装，一队直奔火车站买票。一阵忙碌后，我们满头大汗地登上了开往鹰潭的列车。迷迷糊糊中，刺眼的阳光穿过车窗，暖暖地洒在我们身上，大家不约而同地尖呼“太阳”。当火车进入市区时，我们看着层层叠叠的高楼，开始担心我们的观测地点。

天文奇观常常是媒体关注的热点，那时我们跟媒体也常打交道，地方媒体是我们第一个目标，当我们扛着沉重的设备来到鹰潭电视台时，那些忙碌的记者并不理睬我们，于是我们又来到鹰潭日报的大院。具有高度职业敏感的许志平主任听说了我们的来意后，立即把我们安排在报社六楼房顶的平台上，这样我们不但有了落脚地，还有网络、电源等，许主任还派人抬来两箱矿泉水，真的让我们感动得快要





落泪了。鹰潭城市不大，楼房也不高，六层高度已无视线遮挡，空间相当开阔，浙赣、皖赣、鹰厦铁路在这里交汇，各个方向来的火车川流不息，非常壮观。

来不及顾及更多，我们开始忙碌起来。这时已经快10点了，我们通过办公室窗户把网线和电源拉到楼顶上，通过国家授时中心的网站调准时间，架设望远镜，调整极轴，罩上巴德膜，用太阳黑子对焦，还为我们的直播活动搭了个小棚(图一)。当一切就绪时我们已经没有时间吃午饭了，这才发现就近买来的盒饭，一直和我们一起在太阳下暴晒，显然这项工作已经被我们忘了。

这时我的手机响了起来，手机里传来葛锦发校长的声音，一堆记者围着他找杭高天文社的行踪，使得校长都来不及批评我们私自出逃的行径，校长叮嘱我们要注意安全，之后的通话就被记者们占满了，以至于最后打光了我们带的5个手机所有的预存款。

6月的太阳火辣辣，金星凌日从1:13开始，我们的拍摄在1:10开始，高桥FS102接着NIKON4500，用1／2000的快门，7.5的光圈开始拍摄(这应该是有史以来人类第一次用数码技术拍摄金星凌日)，在外切进入内切阶段进行密集拍摄，以抓黑滴，这时特别紧张，我们只有第一切和第二切的机会，第三切和第四切时太阳将带着美丽的小黑痣落下地平线。最终，照片证明了我们的成功(图二、三)。与此同时，PHILIPS摄像头的一端连着手提电脑，一端连着另一架小型望远镜，进行着现场直播。很遗憾，由于被欧洲南部天文台授权进行联合直播的广州天文学会服务器出现故障，致使我们无法进行现场录像直播。不过，我们还有第三条战线，那就是我们的手提电脑，通过与互联网连接，我们能够及时、准确地了解到世界各地关于金星凌日的观测情况。同时，我们还将现场拍摄的照片直接传输进电脑，在第一时间将照片在网上发布。

三条战线同时开工，这可忙坏了我们，但通过合理的分工，各项工作有条不紊地展开，各种资料、图片不断丰富，我们个个都非常激动。

这时，《浙江日报》、《钱江晚报》、《今日早报》等杭州所有的省报和市级报纸都来让我们写报道。于是，我们又在楼顶的观测台上开始了报道的写作工作，认真写作中只能胡乱往嘴里塞点东西赶走饥饿，连烈日也无暇遮蔽，回到杭州有4个同学都晒脱了皮。

虽然很遗憾鹰潭的金星凌日没在日落前结束，但是我们也有幸看到了异常美丽的“带凌末”(图四)。太阳低垂地平线时，天空突然起云了，美丽的火烧云在通红的太阳前飘过，这时阳光不再耀眼，我们一起朝着太阳静静地欣赏着2004金星凌日的最后瞬间，脸上挂着心满意足的笑容。

在观测过程中，鹰潭日报的许志平主任还时常上来看看我们，借近水楼台的光，下班之前鹰潭日报关于金星凌日的整版样稿已经送到了我们手中，头版正中是我们的观测场景。由于杭城的报业在10点前要截稿，报社叮嘱我们10点前一定要把照片和文章发给他们，我们突然发现，下班后安静的报社大院连同网络也关闭了，这把我们急出了一身冷汗。我们只得把已下班回家的许主任请回来，他帮我们找到了一个开照相馆的朋友，借助他们的网络，我们才发完了所有报纸的约稿和照片。

回杭州的火车是晚上10:30开，早晨5:30到达杭州。下了火车，看到报亭里堆着的各类报纸都在显要位置刊登了我们对于金星凌日观测的活动报道和我们拍摄的金星凌日照片。当时就让我们非常自豪。

当天我们又整理了照片并做了总结，我们在欧洲南方天文台金星凌日全球活动注册的三台望远镜中，有一台圆满完成了任务。我们向欧洲南方天文台金星凌日的活动组织方进行了汇报，我们的六幅照片还被选登在了欧洲南方天文台的网站上，现在还可以在http://www.eso.org/public/outreach/eduoff.vt-2004/photos/vt-photo-page50.html看到它们。

金星凌日122年才有一次，而且会有间隔8年的两次作为一组。转眼2012年，当年参加金星凌日远征的孩子也都长大了，有在国外做博士后的、读博士的，也有参加工作的，他们都非常优秀。当年金星凌日远征的故事也在天文社一届又一届孩子们中流传。我们2012年6月6日的金星凌日观测已经开始策划，我们期待着再一次金星凌日的到来！■

(责任编辑　李鉴)

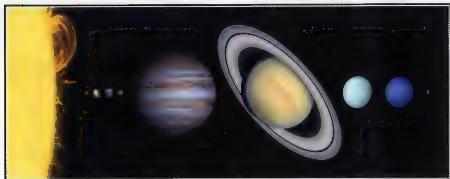


金星凌日与天文科学

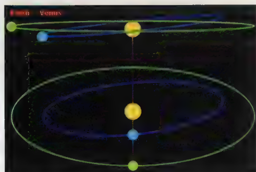
□夏 寒

我们的太阳系内，恒星太阳位于中心，是最主要的天体。在它的周围有八颗大行星、许多矮行星和小行星，还有许多彗星和流星体。其中六颗大行星拥有自己的卫星。这些天体在太阳系内有规律地运动着，构成了丰富多姿的太阳系家族。也正是这些天体的有规律运动，形成了太阳系内天体的各种天文现象，如日食(日全食、日环食和日偏食)，月食(月全食和月偏食)，火星大冲，水星凌日，金星凌日，金星的东西大距，以及各种掩星等。由于特殊的位置关系，最早进入天文学家视野的正是太阳系内这些天体的运动。现代天文学大厦就是建立在太阳系天文学这一基础之上。

金星距离太阳比地球近，当它运动到太阳和地球之间，而且我们能够在太阳明亮的表面看到"小黑点"金星时，这一现象称为'金星凌日'。目前，天文学家已经精确掌握了金星凌日的规律。几百年前，利用天文学和物理学的知识，对金星凌日进行正确预报，本身就是天文学研究的重要成果。之后，金星有大气层这一发现正是通过对金星凌日进行观测得出的。幸运的是，2004年6月8日和2012年6月6日发生两次金星凌日。天文爱好者可以欣赏这一罕见天象。科学家们也想利用这种难得的机会进行科学研究工作。



太阳系中太阳和行星位置示意图



金星和地球围绕太阳公转的轨道示意图



金星凌日的成功预报

现在，对天文学家来说，预报金星凌日的发生已经不是一件困难的事情。2004年6月8日和2012年6月6日的两次金星凌日，科学家可以准确地预告在哪些地区能够观测到，哪些地区不能。预告某地金星凌日开始和结束的时刻可以准确到秒的精度。现在，四次金星凌日构成一个周期，共243年。它们之间的间隔为105.5年、8年、121.5年和8年。在1518年之前的一段时期，243年周期中的金星凌日时间间隔为8年、113.5年和121.5年。目前的周期规律将持续到2846年。

天文学家对金星和地球围绕太阳运动的

超链接:

金星凌日的周期

目前,四次金星凌日构成一个周期,共243年。它们之间的间隔为105.5年、8年、121.5年和8年。在1518年之前的一段时期,243年周期中的金星凌日时间间隔为8年、113.5年和121.5年。目前的周期规律将持续到2846年。


德国天文学家开普勒


英国天文学家霍罗克斯

规律已了如指掌。金星围绕太阳运转的轨道面与地球的轨道面之间有3.4度的夹角,只有在两个平面交线的两个位置(称为交点)才可以发生金星凌日。而243地球年是88757.3恒星天,与395个金星年(一金星年为224.701天)是88756.9恒星天一致。所以243年后金星和地球又回到相同的轨道位置。精确预报金星凌日的发生,是基于现代先进的天文观测仪器和精确地计算方法。它是天文科学发展的标志之一。不过约四百年之前天文学家还没有今天的能力。

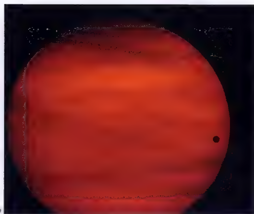
1627年,开普勒根据自己对金星和地球运行规律的掌握和复杂的计算,指出1631年将发生金星凌日。这在历史上是第一次预报金星凌日的发生。尽管当时开普勒已成功总结出关于行星运动的三个定律,但是限于观测和计算方面的不足,他没能预告能不能在欧洲观测到,因此没有人成功组织观测。而开普勒的计算结果显示1631年之后下次金星凌日要到1761年才会发生。

第一次成功预报金星凌日的发生时间和观测地点的是英国天文学家霍罗克斯(Jeremiah Horrox)。他在剑桥上大学时就认真阅读第谷和开普勒的论文,并能找出其中的不足。他还用数学方法研究维持行星运动的力,他的研究被认为是连接开普勒三定律和牛顿定律之间的桥梁。霍罗克斯认真审阅了开普勒预报1631年金星凌日的计算方法,发现问题并进行改进。仅仅提前一个月的时间,成功预报出1639年12月4日下午3点左右,在英国可以观测到金星凌日。而且他成功地观测了这次罕见的天象。

测量天文单位

在天文学上,太阳到地球的平均距离被称为天文单位,数值是1.496亿千米。它常被用来描述太阳系内天体的距离。今天可以采用空间探测测距和雷达等手段,精确地测定这数值。但是在17世纪以前,人们并不知道这一数值的具体大小,也没有测量它的好方法。在17世纪,开普勒关于行星运动的三定律虽然已经问世,但是通过它只可以计算太阳系内各大行星到太阳的相对距离。如果把地球到太阳的距离定为1,那么金星到太阳的距离为0.723。然而,科学家们不知道地球到太阳距离的准确值。

从很久远的古时候,科学家就探索太阳到


2004年6月8日金星凌日时,在美国乔治亚州萨凡那附近的大西洋小岛上拍摄的金星凌日照片

地球的距离。公元前300年前后,希腊的科学家阿里斯塔克(Aristachus of Samos)利用上弦月时,太阳、地球和月亮的几何关系估算日地距离,得出约为地球到月亮距离的20倍。1639年英国天文学家霍罗克斯准确预报金星凌日的发生后,他和他的朋友分别在普累斯顿(Preston)附近和曼彻斯特的布劳顿附近进行了观测。当时天气并不太好,霍罗克斯利用他们的观测数据,计算得出日地距离为0.956亿千米。这一数值与实际值差别比较大,但它是第一次利用金星凌日获得的天文单位数值。

1678年英国著名天文学家哈雷,在观测水星凌日的基础上,提出了更精确的利用金星凌日计算日地距离的方法。1761年发生金星凌日时,欧洲各国的许多天文学家开展合作观测,分别赶往世界不同地点。此次观测得出的日地距离为1.529亿千米,比较接近准确值。1874年和1882年的两次金星凌日发生时,世界各地的天文学家纷纷进行观测。美国天文学家西蒙·纽康(Simon Newcomb)利用这两次观测的数据,再参考1761和1769年两次金星凌日的数据,计算得到天文单位的数值为1.4959亿千米。非常接近真实值。金星凌日在测量日地距离上有过很大的作用。如今天文爱好者和中学生则是把金星凌日测天文单位作为一个天文实验,来练习天文观测和数据计算,弄懂其中的天文原理。

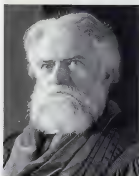


金星大气的发现

1761年金星凌日发生时,俄国天文学家米哈伊尔·罗蒙诺索夫(Mikhail Lomonosov)在圣彼得堡附近的天文台进行了认真观测。他发现,当金星凌日刚刚开始,看到金星边缘刚刚与太阳边缘接触时,在金星周围有一非常模



英国天文学家哈雷



美国天文学家西蒙·纽康



俄国天文学家米哈伊尔·罗蒙诺索夫

糊的微微发亮的圆环。经过仔细分析，米哈伊尔·罗蒙诺索夫认为，在金星周围应该有层大气，当金星接近太阳时，太阳光经过大气折射在金星周围形成亮环。这是第一次指出金星上存在大气。现在我们已经对金星大气有了较多的了解，知道它的主要成分是二氧化碳，还有少量的氮气等成分，大气中有微量的硫酸等颗粒存在。

 研究系外行星的铺路石

寻找地外生命一直是天文学家和普通百姓关心的话题。要寻找地外生命，首先要寻找太阳系以外其他恒星附近适合生物生存的行星。进入21世纪，由于观测技术的发展，寻找和研究太阳系外行星逐渐成为天文界的热门课题。目前寻找系外行星主要有下列几种方式，(1)若行星质量足够大，行星围绕恒星转动时，由于引力相互作用恒星本身也具有明显的运动。通过测量恒星位置变化或通过光谱的办法测恒星视向运动，可得知行星的存在。这种情况得不到行星本身的更多信息。(2)如果地球恰好在行星围绕恒星运动的轨道面内，系外恒星行星系统就会有类似金星凌日的情况发生，只要行星足够大，通过光强度变化和光谱的测量，可以获知行星的大小、大气成分等多种信息。此时需要很精确的测量，在金星凌日时太阳光强度的变化只有0.1%。(3)在第二种情况时，也可以采用微引力透镜的办法确定行星的存在。

进入二十一世纪后，天文学家发现了许多系外行星。若是上述第二种情况，天文学家还可以根据观测推断行星的大小和大气组成成分。系外行星凌它的恒星发生时，恒星发出的光经过行星大气的吸收和再辐射，使得光谱产生一些变化。根据光谱变化可以判断出行星大气的化学组成。恒星HD209458附近木星大小的行星的化学组成就是通过这种办法进行了分析。不过，它的钠元素观测结果同行星大气模型给出的结果小很多。问题出在哪里，是观测的新发现？还是计算模型有缺陷？2004年6月8日金星凌日发生时，华盛顿特区卡内基研究所的天文学家萨拉-西格尔(Sara Seager)等利用这次机会检查问题的所在。因为金星也有大气，而且科学家基本弄清了它的化学组成。利用金星凌日的机会，如能找到正确计算行星大气的模型，对日后研究系外行星非常有利。

瑞典天文学家丹·凯斯尔曼(Dan Kiselman)2004年6月8日在位于大西洋的西班牙加纳利岛观测了金星凌日，他此次观测的主要目的是研究金星大气中的二氧化碳。通过凌日得出行星大气化学成分的方法一旦成熟，将来探索系外行星时，天文学家会首先在行星大气中寻找氧气，它是生命存在的标志，是寻找系外行星生命的关键。此外，2004年6月8日金星凌日发生时，美国宇航局的观测太阳的空间望远镜，太阳与日球天文台(SOHO)以及过渡区和日冕探测者(TRACE)也获得了金星凌日的观测资料。

 “哈勃”将观测2012年金星凌日

2012年6月6日，时隔8年之后，金星凌日将再次发生。生活在这一时代的天文学家和天文爱好者非常幸运，可以两次目睹这一罕见天象。2012年之后再次发生金星凌日要等105年之后的2117年。因此，不论是天文学家、天文爱好者，还是大中小学生都希望抓住此次机会进行观测。这里值得一提的是，哈勃空间望远镜也加入到观测金星凌日的队伍中，希望能够进行科学研究方面的观测。

哈勃空间望远镜的科学部主任马特·莫泰恩介绍说，2011年9月，他们从一千多份观测提案中，筛选出他们认为最有意义的观测方案。该方案是巴黎天体物理研究所的阿尔弗雷德(Alfred)提出的。他建议2012年6月6日金星凌日发生时，哈勃太空望远镜可以对准月球，观测月球光强度的变化。这种变化和金星大小的系外行星从它的恒星前经过时引起的光强度变化情况差不多。可以作为空间望远镜寻找遥远的系外行星的判断标准。其实哈勃空间望远镜不能直接指向太阳观测金星凌日，这样强烈的太阳光会损伤哈勃望远镜的部件。不过研究人员不能保证此次观测百分之百的成功。但是，这项观测一旦成功，它的科学意义将会非常巨大。■

（实习编辑 冯翀）

超链接： 目前寻找系外行星的三大方法

(1)若行星足够大，行星围绕恒星转动时，由于引力相互作用恒星本身也具有明显的运动。通过测量恒星位置变化或通过光谱的办法测恒星视向运动，可得知行星的存在。这种情况得不到行星本身的更多信息

(2)如果我们地球恰好在行星围绕恒星运动的轨道面内，系外恒星行星系统就会有类似金星凌日的情况发生，只要行星足够大，通过光强度变化和光谱的测量，可以获知行星的大小、大气成分等多种信息。此时需要很精确的测量，在金星凌日时太阳光强度的变化只有0.1%。

(3)在第二种情况时，也可以采用为微引力透镜的办法确定行星的存在。

天文诗话47

诗词歌赋中的星座世界(十三)

——诗人笔下的昴、毕、觜、参

□王玉民





图一 昴、毕、觜、参四宿，恰好包括了金牛、猎户二星座的主要星

多种身份的昴宿(昴星团)

昴宿共有7颗星，恰好包括了昴星团的7颗肉眼可见的星。这个星团用望远镜看，实际由400~500颗星组成，总直径达13光年，距离我们417光年，它的成员都是高温超巨星，整个星团被星云穿插，象披上一层轻纱，放射出青翠的光芒，非常漂亮。夜里肉眼看去，总觉得它们是密密麻麻挤在一起的一小团，估计也就像满月那么大，实际上它的视直径很大，是满月的4倍，这是肉眼观测时"光渗作用"显得月亮很大所造成的错觉。因为太近，我们能测得昴星团的整体移动，所以它又是"移动星团"。

上一讲提到昴宿时，我们讲到了昴宿与冬至的关系，详细介绍了"长平之战"的故事，其实即使光从诗词里找，我们就能发现昴宿还有其他一些"身份"和功能，如纯天象的展示、祥瑞的比喻、人杰的标志、胡人的象征等等。

先看一段纯天象的描写：

众鸡鸣而愁予兮，起视月之精光。观众星之行列兮，毕昴出於东方。([西汉]司马长卿《长门赋》)

汉代辞赋家司马长卿作的《长门赋》，据说是受汉武帝失宠的皇后陈阿娇所托而写，表现了陈皇后被打入冷宫后苦闷和抑郁的心情，以图让汉武帝读到，受感动而回心转意。这几句是写她盼皇帝到来一直盼到天亮，听到鸡鸣更觉得愁苦，起床看到的只是残月的光芒，再看满天的星星，毕宿、昴宿已经升起在东方——我们且不管诗赋中的情感，光看其对天象的描写，就可以推断出，这是5、6月份间的天景，因为只有在5、6月份，天明前我们才能看到毕宿、昴宿从东方升起。

昴宿在古代文人眼里还常常比附为祥瑞，《全宋词》中有一首无名氏填的词【满庭芳】《寿张教六月十八》，是这样写的：

昴宿储祥，奎星荐瑞，元来天产英姿。都缘鼻祖，织女与支机。自是流芳垂庆，仙风道骨果清奇。称觞旦，任从伏暑，

三荚看蓂飞。

文章，谁与敌，欲成大器，殊未为迟。况年方强仕，政入官时。暂领广文庠序，即超身入凤凰池。同经济，云龙风虎，千载庆休期。

这首词是为一个叫张教的人祝寿所填。开头就用“昴宿”、“奎星”的祥瑞作引，比喻张教的“天产英姿”，全词都是歌颂对方仙风道骨、文章无敌、仕途得意、有经邦济世之才等等。

“都缘鼻祖，织女与支机”是一个与天文有关的典故，传说汉朝探险家张骞曾乘坐木筏沿黄河向上游探险，最后竟到达了银河，见到了织女，织女还把织布机上压布匹的一块石条——支机石送给了他。因为张教也姓张，所以词中称张骞是他的“鼻祖”。

另外，“三荚看蓂飞”也是与天文有关的典故。据说帝尧时期，有一种奇怪的小草从皇宫的台阶下长出来，这草从每月的初一开始，每天长出一片扁豆角状的果实（荚），长够15片后，又从十五望日开始，每天落一片，直到月末落光。帝尧非常惊讶，称它为“蓂荚”，又叫“历草”，后人认为它象征祥瑞。东汉的张衡以此为灵感制造过演示月相的仪器“瑞轮蓂荚”。“三荚看蓂飞”指蓂荚草掉了3个荚，正切词题目的农历十八日。

再看诗词中作为“人杰”标志的昴宿：

明公家凿凤凰池，弱冠封侯四海推。
富贵有期天授早，关河多难救来迟。
昴星人杰当王佐，黄石仙翁识帝师。
昨日诏书犹漏缺，未言商也最能诗。

这是唐人徐夤作的《尚书荣拜》二首中的一首七律。诗中对尚书大人充满了赞美，“明公”是对有名位者的尊称，“凤凰池”本指皇家禁苑中的池沼，后多把宫中“中书监”等重要职位称为“凤凰池”。“弱冠”指男人20岁左右。“关河”即关塞。前四句说：大人您官居高位，20多岁就封侯富贵，恩及四海，就是国家有难时用您用得太迟了。

第五、六句写的是一个典故，说汉朝的张良年青时，在下邳（今江苏北部邳州市）桥上遇到一个老人，老人对张良说：“小孩子，把我掉在桥下的鞋捡上来！”，张良看这老人年迈，就恭敬地下桥把鞋捡上来，不料老人又把鞋掉下去了，又让他捡，连着3次，老人见张良一直恭恭敬敬，非常满意，认为孺子可教，最后授他兵书《素书》一部。张良此后研读此书，辅佐刘邦统一天下，建立了大汉基业，被封为留侯。原来，这老人是昴星下凡，在人间时称“黄石公”，隐居黄石山中，写了很多兵书传给人间。这两句诗是用这个典故，夸赞尚书是张良式的人物。

后两句诗则是说，但昨天皇帝的诏书里对你的表彰还漏了一条，没说您的文学底蕴也很好，也是熟读《诗经》的。（最后一句也是典故，出自《论语》，子曰：“起予者商也，始可与言诗已矣。”即孔子说：“子夏，你真是能启发我的人，现在可以同你讨论《诗经》了。”）

此类诗句还可以引用一些：

“大昴分光降斗牛，兴唐宗社作诸侯”。（【唐】罗隐《钱尚父生日》）

“昴星下天扶汉德，长庚乃向开元谪”。（【宋】邓肃《聚星行》）

“匆惊昴宿下天来，果向明时作人杰”。（【宋】吴芾《吕丞相生日》）

按分野说，昴宿属冀州，即今天的河北、特别是河北北部一带。实际用于星占时，把北方的少数民族也都算进去了，因此在古代，昴宿经常是“胡星”。另外昴宿又叫“髦头”，即“披头散发”的意思，因为昴星团就像“披头散发”的形状，而那时胡人都“披发左衽”（披散头发穿左襟衣服，那时汉人衣服右襟在上，胡人左襟在上）。从星空位置来说，昴宿、毕宿间的黄道为“天街”，是国界，街南为华夏，街北为夷狄，据说当昴星大而跳动时，胡兵就要进犯边境了。因为这个原因，古代有大量把昴宿当作胡人象征、描写华夏与北方夷狄战争的诗。

唐朝著名边塞诗人高适的《塞下曲》，其中写道：

青海阵云匝，黑山兵气冲。战酣太白高，战罢旄头空。万里不惜死，一朝得成功。画图麒麟阁，入朝明光宫

这几句诗是泛写边塞将士与进犯华夏的北方胡人生死搏斗的场景，以及战事成功后，将军入朝被封赏的事。黑山，在甘肃嘉峪关，麒麟阁是汉朝表彰功臣的楼阁，明光宫也是汉朝的皇宫。因为太白（金星）是“天之将军”，战斗正酣时，当然就有金星高照助阵了，“旄头”是胡人象征，战斗结束，旄头星当然也就沉没不见了。

唐朝的大诗人李白的《送族弟绾从军安西》，所写与上诗异曲同工：

汉家兵马乘北风，鼓行而西破犬戎。尔随汉将出门去，剪虏若草收奇功。君王



图2 望远镜中的昴星团及昴宿七星

按剑望边色，旄头已落胡天空。匈奴系颈数应尽，明年应入蒲萄宫。

“蒲萄宫”，胡人来朝时在京城的住处。后两句是说，匈奴你气数已尽，快系颈投降，明年来朝拜我们吧！

南宋著名词人刘克庄有《杂咏一首》：

晴是羲和喜，阴是嫦娥妒。暖是青帝来，凉是赤熛去。灾是旄头出，祥是奎星聚。雷是阿香嗔，涛是灵胥怒。

这里羲和是太阳神，嫦娥是月亮神，青帝是司春之神，掌管东方苍龙，赤熛是司夏之神，掌管南方朱雀。阿香，是古老神话中推雷车的女神（据说又指西方白虎七宿），灵胥，即春秋时代吴国大夫伍子胥，他被奸臣所害后传说被封为涛神，每天在钱塘江卷起潮汐。全诗不但写了“旄头”，而且写了一串天象，各作一解释，很是有趣。



图3 张良纳履



图4 觜宿、参宿的早期形象：白虎（徐刚作）

毕宿和觜三星、参三星

毕宿，它由8颗星构成Y字形，黎族传说称毕宿是猪嘴变的，按此联想，毕宿还真像猪张着大嘴巴。毕，它的原意是捕获小猎物（鸟、兔等）的网袋，《步天歌》中说：“毕宿八星如小网，左角一珠光独朗”，“左角一珠”指亮星毕宿五。这一簇星在现代星座里恰好组成金牛座的牛脸。

古人早就认为月亮运行时一遇到毕宿，天就会下雨，最早在诗中描写这一现象的是《诗经》。在其《小雅·渐渐之石》章有这样的句子：“月离于毕，俾滂沱矣。”（离，不是离开，是“遭遇”的意思）后来这个句子成了经典，写进星占书，即“月离于毕雨滂沱”，而诗人们一提起毕宿，也总是离不开这句占辞。

宋元之交的“天文爱好者”诗人方回，有七绝《连夜书》：

斜向西南月半弯，五更正值毕叉间。
朝来骤有风兼雨，红晕饶添一大环。

五更是凌晨四、五点钟天快亮的时候，这时月亮如果“斜向西南”，应该是农历十九、二十的大半个月亮，不会是“半弯”。“毕叉”即Y字形的毕宿，凌晨毕宿在西南，又说明这是公历9月、10月时的天象。而这时天上还广布着薄幕状的卷云，所以看到一个大大的红色晕环围绕着月亮——想起“日晕三更雨，月晕午时风”的谚语，诗人不禁预言：天明后看来要有一场风雨呀！

北宋诗人宋庠有《清明日东归舟次滞雨》，其中写道：

月弦离毕破芳辰，舟子招招数问津。
压岸晚阴云著野，蘸渠春色柳随人。

看来这场清明时节的雨还不小，船都靠岸停航了，因为阴云遍野，看了“月弦离毕”只能是诗人的想象，不是实际所见。况且清明节那天，毕宿傍晚出现在低低的西天，“离毕”的只能是一钩新月，不会是弦月。

“觜宿”是个小宿，也比较暗淡。“觜”即鸟嘴，它有三颗小星紧紧地靠在一起，形状像个鸟嘴，所以起名觜。觜宿在参宿之上，但按二十八宿的顺序排在参宿之前。可能因为是觜宿不起眼的缘故吧，古代写觜宿的诗很少，而且多是“觜参”合用，如隋炀帝杨广的《月夜观星诗》：

团团素月净，翛翛夕景清。谷泉惊暗石，松风动夜声。披衣出荆户，蹑履步山楹。欣睹明堂亮，喜见泰阶平。觜参犹可识，牛女尚分明。更移斗柄转，夜久天河横。徘徊不能寐，参差几种情。

“翛翛”（xiāo）形容清凉。现代有的注释者根据“牛女尚分明”认为这诗写的是秋夜景色，其实不那么简单。“觜参”、“明堂”、“泰阶”都是星名，它们在什么位

置？秋夜能看得到吗？注释者如果不精通星象，恐怕也弄不明白。

其实在秋夜里，“觜参”、“明堂”和“泰阶”都是看不见的，“觜参”属冬夜星空，“明堂”和“泰阶”（即三台）属春夜星空。就作者隋炀帝本人来说，估计他也是只知星名而不会认星座，随意把它们写在一起，骗骗和他一样对星象一知半解的人。特别是“觜参”和“牛女”快要在天球相对的两面了，几乎不可能同时出现在天上。不过这首诗的意境写得还是不错的，写景清冷、抒情含蓄，淡淡的喜悦夹杂着些许惆怅，令人回味。

至于参宿就非常引人注目、也非常有名了。《步天歌》称：“**参宿七星明烛宵，两肩两足三为腰**”，它共有7颗星，“两肩”中的左肩是红超巨星参宿四，“两足”中的右足是蓝超巨星参宿七，都是0等星，另外五颗也是2等星，尤其是中间三颗，亮度相仿，均匀地排成直线，无论是谁，看它们一眼就会终生不忘。这“两肩两足三为腰”，是什么人的形象呢？不是人，按司马迁的解释，这是一只老虎，觜宿则是虎头。有趣的是，参宿7颗星，恰好包括了猎户座的7颗最亮星，英雄猎手奥里昂的形象也完全是这“两肩两足三为腰”，而觜宿位置也是猎户座的头。

在古诗中，除了少数直接写参宿的外（如“**水势初知海，天文始识参**”【唐】李商隐《自桂林奉使江陵》），很多时候参宿是以“三星”的面目出现在诗中的，最早、最著名的当属《诗经·召南·小星》：

> 嘒彼小星，三五在东。肃肃宵征，夙夜在公。寔命不同！
>
> 嘒彼小星，维参与昴。肃肃宵征，抱衾与裯。寔命不犹！

“嘒”是“微光闪烁”的意思，“三”即参宿三星，“五”指昴宿（古人认为昴宿有5颗星）。这首诗写的是一个地位卑微的小吏，在感叹自己日夜为公务奔忙的命运。全诗可译为白话如下：

小星光朦胧，三五闪天东。天未亮就出征，从早到晚都为公，人的命运真不同！

小星光幽幽，那是参和昴。天未亮就上道，抛开香衾与暖裯，命不如人莫怨尤！

另外《诗经·唐风·绸缪》中的“三星在户”，歌咏的也是参宿三星。

“人生不相见，动如参与商”的典故

前面提到，隋炀帝作的“觜参犹可识，牛女尚分明”诗句有些问题，因为“觜参”和“牛女”在天球大致相对的两面，几乎不能同时出现在天上。牛女的西边是心、尾、箕（全属天蝎座），“参”与“心”、“尾”、“箕”就完全在天球相对的两面了，它们永远不可能同时出现在天上。

这是一个著名的典故。唐代大诗人杜甫的《赠卫八处士》有“**人生不相见，动如参与商。今夕复何夕，共此灯烛光**”之句。“参商”常被人用来形容两人难以相见的状况，那么这个词是怎么来的呢？这就牵涉到参宿和商宿（心宿）的传说了。

《左传》记载：在远古时代，黄帝有个曾孙叫高辛氏，又叫帝喾（kù），是“三皇五帝”中的五帝之一。他的儿子，老大叫阏（è）伯，还有个老四叫实沈。据说阏伯是高辛氏的妃子吃了玄鸟（燕子）的蛋后，有感而孕，生下来的，所以阏伯自一出生就与众不同。偏偏老四实沈也是个人精，特别不服长兄实沈，两人都住得还挺近，于是见面就吵，吵来吵去，矛盾升级，改为见面就打了。再进一步就干脆带人动刀动枪，见面就厮杀了。

老爹高辛氏为此非常犯愁，本来他以为兄弟间应该和睦相处，没想到这对兄弟越近越成了冤仇。看来是这兄弟俩犯相，没法让他们住在一起了，既然仇恨无法化解，就该让他们离得远远的，永世不再见面才好。



图5　猎户座

于是高辛氏找到尧帝，让尧帝下了一道诏令，把阏伯封在“商”地，把实沈封在“大夏”。当时的商即现在的河南东部一带，大夏则在山西南部，两处地方按今天的观点离得并不远，但在交通、通讯极为原始的远古，这哥俩除非有意派兵去跨过许多封国互相征讨，是不可能再见面的了。

地上的距离只是一方面，天上的距离更能说明问题：高辛氏让阏伯作“火正”，这是个专门观测大火星（即心宿二）来确定季节、农时的职位；让大夏的实沈主管参宿，这样，俩人在天上的位置更永远碰不到一起了。因为，心宿和参宿正好分布在天球遥遥相对的两侧，每当心宿高挂在天时，参宿一定在地平线以下，等参宿冉冉东升时，心宿便悄然落下，永远不能相见。

阏伯在他的封地做火正时，勤勤恳恳，为了观测精确，他还筑了一个高高的观星台。他把他的封地也治理得很好，很受当地人拥护。他死后，人们尊他为“火神”，把他筑的台子叫“火神台”。由于他封号为“商”，他的墓冢也被称为“商丘”，演变至今成为地名，心宿从此也有了别名“商宿”。阏伯的后裔后来建立了商朝，并追认阏伯为商的始祖，又名契（xiè）。实沈的“大夏”，其后代建立了唐国，子孙也绵绵不断。

古代以“参商”为典的诗很多，如李白《上留田》有“**交柯之木本同形，东枝憔悴西枝荣。无心之物尚如此，参商胡乃寻天兵**”，就是对兄弟不睦的感叹。南宋的舒邦佐有“**飘然舍我去，却作参商星**”（《送陈纠》）表现的则是友人道别，难再相见的离情。

有趣的是，与“参商”相对应的西方星座猎户座、天蝎座也有类似的典故。在古希腊神话中，天蝎座是螫猎户奥里昂的一只大蝎子，他们在搏斗中两败俱伤，从此互相躲避。天神宙斯后来把他们提到天上，放到天球相对的两个方向，于是两个星座也是永远不会同时在天上出现。■

（责任编辑　张恩红）


笔者2012年4月在家中工作室

我的天文人生（一）

□易照华

编者注：易照华，南京大学天文系教授，博士生导师，天体力学方面的知名学者。1931年5月9日生于四川省乐山市金粟镇。1952年北京大学数学系毕业后，继续师从我国天文事业的开拓者戴文赛先生，攻读研究生。1956年在北京大学数学力学系研究生毕业，是我国国内培养的第一个天文学研究生。1956年9月起一直在南京大学数学天文学系（1962年起为天文系）从事天文学教学和科学研究工作；先后任助教、讲师、副教授、教授（1981年起）、博士生导师（1983年起）；1958～1964年担任系主任助理，1962年起任天体力学教研室副主任、主任，1956年12月起应聘为中国科学院紫金山天文台兼职研究人员（职称未定，后在1996年正式聘任为兼职研究员）；1984年起被聘为北京师范大学天文系兼职教授；1981～82年在美国德克萨斯大学（Texas University）做访问学者。除了教学、科研和教学管理工作外，易教授还积极参与社会团体工作，1962～1985年任中国天文学会第二、三、四届理事，《天文学报》编委；1978～1985年任中国天文学会天体力学专业委员会第一、二届主任；1983～1993年任国务院学位委员会第一、二届天文学科评议组成员；1985～1988年任国际天文学联合会（IAU）第7委员会（天体力学）组织委员。


易教授和夫人2006年在云南天文台丽江观测站

引子

人生易老，转瞬八旬；回顾过去，感触颇深。一生虽有坎坷曲折，爱好天文一直未泯。趁记忆力尚可，写出过去经历。自己从对天文好奇、感兴趣、做天文科普、入门到成为专业天文工作者；以及工作中的经验、教训、体会、设想等。可能对其他天文爱好者有参考作用。

一 天文启蒙

我的启蒙老师就是当中学教师的父亲（易朝选）。他在1930年毕业于四川师范大学（不久改名为四川大学）化学系；开始几年当本地小学校长，1934年后在四川各地当中学教师，1942年后定居于成都，主要教化学和物理学。但他兴趣广泛，中国历史和古典文学的修养很深，对生物，地理，哲学都阅读过大量书刊；故偶尔还客串教这些课程。对天文学也有兴趣，虽然没有做过研究，却具有丰硕的天文知识。

我是1931年5月出生于祖籍老家，当时属于四川省犍为县的金粟镇姜市街（现在属于乐山市五通桥区）。根据族谱记载，我是当地易家的第24代孙；而且是长房长孙。按当地习惯，1935年9月（仅4周岁）就进入镇立中心小学读书。金粟镇街区在岷江东岸，此地已在川西平原以南，是丘陵地带；街区被高度不足百米的山丘环绕，遍种松杉等常绿树木，四季常青。江心有4平方公里的小岛名双全坝，我的三姑母家在那里。因年幼贪玩，小学成绩在班上仅为中等，但喜欢算术和观察事物。晴日黄昏常到江边玩耍，经常仰望天空。当时没有污染，群星明亮，深感神秘莫测。在三姑家玩时，因四野空旷，更喜欢长时间看星空，浮想联翩。

父亲是在寒、暑假回家。从小学4年级起，就经常问父亲天上的事情。开始问的是天上有什么东西？是否有神仙？以后逐渐才问一些天文学问题。现在回忆，小学期间从父亲那里了解到地球是绕太阳转动的行星、地球自转产生昼夜、太阳是恒星之一；认识了大熊、小熊、天蝎、天琴、天鹰、天鹅、仙后等几个星座，以及牛郎、织女、大角、心宿二、天狼等亮星和寻找北极星的方法。同时也对很多问题想不通，如月亮盈亏、四季成因等。

小学毕业后，考上离家15公里的五通桥镇上的私立初中，全名为"犍为盐场私立通材初级中学"。这是因当地和附近乡镇盛产盐卤，埋藏地下百米左右。经简单探测确定井位后，钻到盐卤聚集区成为盐井；抽出盐卤在大锅中，用煤烧干成大块盐巴。经营这种业务的人称为'灶户'，这所初中就是由灶户们出资建成。我父亲因物价飞涨（每两年涨10倍），家庭生活困难，于1941年夏改行到五通桥一家大灶户当经理，同时在通材初中兼课。半年后感到不适应经理工作，待我考上通材初中后，于1942年春，仍去成都当中学教师。我通过初中地理和物理课学习，逐步弄懂了四季成因和行星绕日运动道理。由于学校书刊稀少，无法阅读天文资料，只能在假期询问父亲。初中时期知道太阳系所有大

行星，恒星距离很远，黄道十二宫名称，银河是恒星组成等。而且告诉我一些恒星的中国古代名称，如三垣四象28宿等，当时未能记全。

二 天文兴趣

以前对天文仅为好奇，我真正对天文感兴趣是在上大学以后。

1945年1月，初中毕业后独自离家到成都，考上著名学校"四川省立成都石室中学"高中部。高中三年虽然没有增加天文知识（父亲所知已全部给我讲了），但在优秀教师抚育下，我的数学、物理、英语水平迅速提高；为后来从事天文工作打下较坚实基础。同时对中国古典文学、历史、地理产生兴趣，对提高学术修养起重要作用。我的三叔（易朝煜）是当时成都中学界的著名数学教师，在他引导下，阅读了一些英语数学书；加深了对数学的爱好，并决心考大学时报考数学系。

1947年12月高中毕业，而一般大学春季不招生，出现半年空挡。为了不荒废学业，我临时决定报考两所学校：一是'四川省立成都会计专科学校'（大专），另一是'国立成都理学院'先修班。两校都考上后去听课。到1948年2月，发现对会计课程实在不感兴趣，就全力听先修班的课，主要内容是复习高中数学、物理、化学、英语和中国文学；而且数学教师还是三叔的朋友。学习期间了解到成都理学院1947年刚成立，是非常特殊的高校，只有数学、化学两个系，学生仅40余人。这是因为院长是国内名人，德国的数学、哲学（康德派）双重博士魏嗣銮（又名魏时珍）；当时政府教育部长朱家骅很器重他，拨专款让他按自己的想法办小型高校。他对我们做报告时讲："我的办学方针是少而精，就是要培养天才，不久再设物理系；希望数学能培养出高斯（Gauss），物理学能出爱因斯坦（A.Einstein），化学能出居里夫人（Marie Cuirie）"。这样的鼓动颇使高傲的青年动心，我就决定要报考此校。但担心考试不顺利，暑期招生时也报考四川大学（当时各校分别招生），结果两校都录取。而且很意外，报考成都理学院数学系考生有1400多，仅录取25名中，我竟排名第二。这当然与我读了先修班有关。

1948年9月正式进入成都理学院数学系。25人全部到校，其中有两人的数学水平明显比我高：第一名曾文玉和16名何治国在中学期间就有数学研究结果。很可惜，曾文玉后来改学工科，何治国退学当工人。课程安排非常紧，第一学期有10门课，每周上课36小时。期末考试成绩差的被勒令或自动退学，1949年1月开学时，班上仅到18人。6月因解放大军进展神速，学校提前放暑假，学生们仍多数留住学校。

7月初的一个晴朗黄昏，我们数学系一、二年级有8人坐在草坪聊天。二年级的蒲富全望着群星灿烂的星空，感叹地说："宇宙如此神秘浩瀚，我们却不能欣赏，真是遗憾！"我和另两位同学一起说："我们可以自己查阅资料"。接着又谈到学第二外语；于是当场决定两件事：一是明天开始，大家分头寻找天文资料，相互交流；二是邀请留学法国的教务长胡助教授，在暑期中给我们教法语。我对两件事都很积极，无意中决定了我后来的发展。

胡先生教法语很认真，每天讲一小时，其余时间自己读和记。我们一共12人学习，到暑假结束时，他评论说："易照华和詹之震两人的发音还有点象法语"。其实我们的阅读能力不错，大半能查字典读法语数学书；记得我还把一篇法语短篇小说《未婚妻(La Fiancee)》翻译成英文。

我是查天文资料最积极的人。在暑假期间就找到并开始阅读4本天文通俗书，即张钰哲著《天文学论丛》、戴文赛著《我们的太阳》及《日食和月食》、陈遵妫著《宇宙壮观》。对我帮助最大的是陶宏（著名教育家陶行知之子）的《每月之星》，但没有找到书，只找到在科学期刊上分段连载的文章。每晚就参照它来认星，到暑假结束时已能认出成都地区看得到的全部星座，以及5等以上的恒星和肉眼能看到的星云、星团。因缺乏星图，就决定在一张很大的厚纸板上绘出。有时为了多看几个星座，等到下半夜才睡。

9月开学后，进入二年级，课程仍很重；还坚持看天文资料，并继续绘星图。10月间，化学系办科学墙报，希望数学系提供一篇。大家要我来写，我就写一篇《神秘的宇宙》；这是我第一次写天文科普文章。到12月初，因解放军逼进成都，学校提前大考，准备应变。胡宗南的军队败退到成都，派他的一个军长盛文担任成都警备司令；郊区学校都有驻军，我们学校也住进一个排。一天晚上我看星忘记时间，回宿舍很晚；到门口突然听见大吼一声："什么人？"接着又听到拉枪栓上子弹声音。幸好我没有慌乱，说我是住在里面的学生。他走近看清后才让我进去。

成都是1949年12月27日宣布和平解放，30日欢迎解放军进城。学校军管后决定合并到四川大学，我就在二年级下学期入学川大数学系。尽管教师水平颇高，有国内著名教授曾远荣、杨宗盘、赵松（雨秋）、张鼎铭等，还有些颇具潜力的青年教师如胡鹏、陈杰、周旭光等。但对当时心高气傲的我，感到不满足；总想有机会入学北大、清华。学期结束时，打听到十八兵团有几辆空汽车返回陕西。经联系同意后，就匆忙办好转学证、户口迁移证，扛着行李搭军车，四天后到宝鸡（当时宝成铁路未修）。坐火车到北京后，打听到北大、清华都招收转学生。根据早来的同学介绍，决定报考北大数学系。录取后于1950年9月初转入北大。（待续）

（责任编辑　张长喜）



笔者1998年在浙江诸暨天文学术讨论会上做报告

去看超级月亮

□李　冰

北京时间2012年5月6日中午11:34，月亮过近地点，1分钟后，月相为满月。所以，当晚的月亮是今年最大最圆的月亮，是“超级月亮”。

为了那晚的月亮，美国宇航局网站科学频道特别为公众制作了视频节目，下面为中文译文。

一、《2012年5月　超级月亮》

满月有个不好的名声，就是会带来各种麻烦。它会使海浪升高，使狗狂吠，使你在半夜中醒来。一束月光透进来，好像是小偷。

如果在2012年5月5日晚上月亮照醒你，那么，你就起床看看它吧，因为它是超级月亮。它比平时的满月大14%，亮30%。科学描述这种现象的词汇是近点月。

满月的大小之所以会变化，是因为月亮沿椭圆轨道绕地球运动。月亮在近地点时，与在椭圆轨道另一侧的远地点时，与地球之间的距离，相差5万千米。

满月发生在近地点附近时，看上去会又大又亮。这种情况将发生在美国东部时间5月5日晚上11:34(北京时间2012年5月6日中午11:34)，月亮过近地点，1分钟后，月亮与地球、太阳成一条直线，成为满月。所以月亮过近地点和成为满月的时间几乎一致。

是的，满月是比平时大14%，但是，你真的能发现它们之间的不同吗?

这是个棘手的问题。没有一把飘在空中的尺子来量月亮直径大小。头顶也没有悬浮其他参考点来帮助感觉尺度。所以，此时的满月看上去与其他时候的满月十分相似。

观察的最好时机是月亮处在地平附近。天文学家和心里学家还没有完全弄懂其中原因。低垂的月亮，在树枝间、建筑物旁或地面其他物体附近时，会显得出奇得大。

地面景物会放大月亮，所以，5月5日当晚日落时，从东边升起的月亮，看上去格外大，好像是真正的超级月亮。

民间传说各反常事件会在月圆时发生。人们假想月光会造成医院门诊数量增加、犯罪率升高、人的行为异常。在中世纪，满月使人精神错乱的观点被广泛传播，以至于“疯子”、“傻瓜”的英文单词“Lunatic”就来源于拉丁文中的“月亮”“Lunar”一词。绝大多数现代科研成果表明，犯罪率、疾病以及人们的行为与月相没有相关性。实际上，月亮的影响程度远低于传统习俗中人们所相信的那样。

近点月确实带来更高的潮水，但美国国家海洋和大气管理局告知人们，不必为此担心，因为对于绝大多数地方，海潮的高度，只比平时高几厘米，当地地形能放大到15厘米左右，决不是大洪水。

实际上，超级月亮经常发生。平均1年会有一次满月在近地点附近几个小时内发生。上一次发生在2011年3月19日，月亮距离地球比这次近约400千米，像往常一样，没有什么灾害事件被报道发生。

如果你在5月5日半夜醒来，就去欣赏一下超级月亮吧!

二、特别说明

看完以上视频译文，你就知道西方人对月亮的态度了。

是的，在西方，人们并不喜欢月亮，尤其是满月。所以美国的探月计划没有叫月亮女神的名字，而是称为阿波罗，用的是太阳神的名字。在我国则不同，月亮会带给人们诗情画意，因为她是纯洁美好的象征，尤其是满月，更是有团圆美满之意。所以我们的探月计划叫做嫦娥。

另外，记住了，我国欣赏这次超级月亮的时间是2012年5月6日晚上，最佳时间是5月6日日落后，月亮距离地平很近的时候。如果因天气等原因，没能欣赏到，那么还有一次机会，就是6月4日晚上!

6月4日晚上7点，月相为满月，前一天晚上9点，月亮刚刚通过近地点。另外，6月4日满月时，月亮还会从地影中通过，发生月偏食。具体情况请访问中国数字科技馆《你好星空》http://www.hellosky.dstm.cn，收听当天的节目。

三、赏月小提示

当你欣赏超级月亮时，请记住，我国古人也曾欣赏过同一轮圆月。

李白把她当作老朋友，与之对饮:“举杯邀明月，对影成三人”，与之共舞:“我歌月徘徊，我舞影零乱”，还向她发问:“青天有月来几时”?

杜甫向她倾吐思乡愁绪:“露从今夜白，月是故乡明”。张九龄、苏轼感谢她把千万里之外的亲人们连在一起:“海上升明月，天涯共此时”、“但愿人长久，千里共婵娟”!

辛弃疾的《听月诗》活泼愉快，读后仿佛真看到月宫里的热闹景象，听到从那里传来的各种声音:

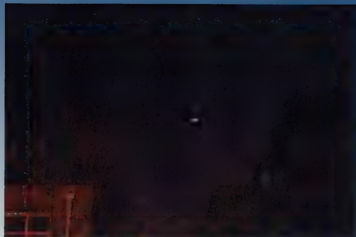
听月楼头接太清，依楼听月最分明。
摩天咿哑冰轮转，捣药叮咚玉杵鸣。
乐奏广寒声细细，斧柯丹桂响叮叮。
偶然一阵香风起，吹落嫦娥笑语声。

另外，当你欣赏圆月时，要记住，月亮与你和太阳成一条直线。对着月亮做下述动作:

身体站直，伸出一只手臂指向月亮，另外一只手臂反向伸直，使两只手臂成一条直线，那么后伸出的手臂正指向太阳所在方向。请别动，把这个姿势保持一会儿，此时的你，正脚踏大地，手指日月，头顶苍穹! ■ （责任编辑　张恩红）

天文科普进社区

□河北石家庄市青少年宫科普部　白　石



小区上空的金木合月　白石摄

2012年3月26日，天空中会上演一幕壮剧——金星、木星合月的美丽天象，在这之前的2月26日，也曾出现过一次“金木合月”的天象。在短短的一个月期间内，集中出现了两次“金木合月”实属少见，正是利用这难得一见天象出现的机会，我们青少年宫科普部决定深入社区开展“天文科普进社区”活动。因为往年我们搞的基本上都是“天文科普进校园”活动，像这种活动形式还是第一次。我们早在半个月前就与“休门街道居委会”取得了联系，居委会领导很重视、很支持我们这种想法，经过协商，他们负责组织小区居民，我们负责提供天文望远镜和辅导员。于是，前期准备工作就紧锣密鼓地开始了。

3月26日傍晚，天气晴朗，群星闪烁。石家庄市“天文科普进社区”科普活动在省会“银宏小区”拉开了帷幕，19时30分许，石市青少年宫组织的三台天文望远镜就一字排开地摆放在了银宏小区中心花园的空地上，其中一台口径150mm大口径折射式望远镜是由《石家庄星空之友》俱乐部的赵占芳同好提供的。望远镜刚架好，就被居民们围了个水泄不通，人群中有五六岁的孩童，有结伴的年轻人，也有刚放下碗筷出来遛弯的老人，大家一会儿抬头指指天，一会儿低头看看镜头里的美景，聊得不亦乐乎。这时，亮度达-4.5等的耀眼的金星与“微笑”着的弯弯的月牙儿以及发着银白色光芒的木星排列成一条优美的直线悬挂在西方的夜空中，人们当看到这太空奇景出现时，人群中不时爆发出一阵阵欢呼声与赞叹声。

许多人透过天文望远镜观测到了月亮上的环形山、木星表面的条纹以及卫星、金星的位相，不少人还是平生第一次用天文望远镜观看天体。直到晚上20时30分左右，随着三个天体西沉，已被远处高大建筑物遮挡住，但是还有不少社区居民恋恋不舍不愿离去，围着青少年宫工作人员和天文爱好者问这问那，咨询着各类天文问题，直到很晚。

此次“天文科普进社区”科普活动相当成功，新闻媒体十分关注，石家庄电视台还对此活动进行了现场直播。活动受到了小区居民的普遍欢迎，据初步估算，大约有二百多人参与了活动。通过举办此次活动，我们学到了不少经验，因为相对学校社区里的人群更广泛，从五六岁的孩童到七八十岁的老人都有，接受天文知识的水平不一，因此在普及知识时有一些困难。今后我们会根据活动内容进行调整，并适当加入游戏式讲座，让人们更喜欢，更容易接受。另外通过科普进社区这种活动形式，可以更好地在民众中普及天文知识，也有益于提高市民的综合科学素质。今后，我们将继续坚持在社区开展好此类公益活动。

（责任编辑　齐锐）



小朋友在观测　白石摄



居民在通过150望远镜观测　白石摄

天文入门

春季星空观测入门

□北京石油化工学院天文社 [illegible]

北斗指东，天下皆春。

春天来了，万物复苏，在这个生机盎然的时节的夜晚，仰望星空，猎户座正在下沉，而一头雄狮咆哮着奔向天顶，下面是蜿蜒的长蛇座。在南方地平线上闪烁着半人马座、船底座、船帆座、船尾座和罗盘座。东方北冕座巨蛇座正渐渐地抬起头来。而在我们的北方，北斗七星格外引人注目。春季星空应该怎样观测呢，都有哪些神秘的天体等待着你呢，本文将一一为你揭晓。



春季星空

大熊座与小熊座

仰望北天，相信北斗七星大家都不会陌生，它属于大熊座。北斗七星是大熊星座中最引人注目的七颗星，它在北方天空中形成了一把大勺子，把勺口两颗星连起来向勺口方向延长五倍远，可以找到一颗二等星，这就是北极星。人们称它为指极星，在仪表不发达的过去，人们要靠它来指明方向。大熊座有100多颗可见的星星，肉眼可见的最暗的星为六等。大熊座赤经11时30分，赤纬55°，面积约1280平方度，在天龙座之南，猎犬座与天猫座之间。座内目视星等亮于6等的星有151颗，其中亮于4等的星有24颗。其中北斗七星分别用中国命名称为天枢、天璇、天玑、天权、玉衡、开阳和摇光。从勺柄数起第二颗，也就是那颗ζ星，中国古代称为开阳星。仔细看看它，会发现它旁边很近的地方还有一颗暗星，这颗暗星叫大熊座80号星。开阳双星是著名的肉眼可见的双星之一。大熊座的尾巴比较长，据神话说是宙斯将它们提升到天界时拉着它们的尾巴，把它拖长了。M101星系位于大熊星座，是个旋涡星系，距离地球约2500万光年，直径约为17万光年，几乎是银河系的两倍。

与大熊座对应的就是小熊星座。小熊座闪耀在最北的天区，其中α星就是北极星，最靠近北极点的星。小熊星座的七科主星也构成像北斗七星那样的小勺。而且七颗星中除了α、β是2等星，γ是3等星以外，其他几颗都小于4等；不像大熊座的北斗，除了δ是3等星以外，其他六颗都是2等星，因此看起来不如北斗七星那样醒目。北极星也是一颗双星，不过它的伴星很暗。北极星不是正对着天球北极，而是最靠近北极的恒星，因此称为北极星。在北天极恒星周日视运动的照片上，北极星是最小的圆。

牧夫座与猎犬座

顺着大熊座北斗勺把三颗星的曲线向南，差不多在勺把长度的两倍处有一颗很亮的星，这就是牧夫座α星，我国古代称它为大角。找到了大角，再找牧夫座的其他星就不难了。牧夫的形象很像一个大风筝，是由五颗星构成的一个五边形，而星座中的α星就好像是风筝下面的一盏明灯。每当暮春初夏的日子，正是这个年轻的牧人英姿飒爽的时刻。

牧夫座的α星中文名为大角，是全天第四亮星，位于赤经14h15m39.69s，赤纬19° 10'56.8"，颜色为橙黄色，因此辨认它不难。牧夫座α星，室女座α星和狮子座β星构成了春季大三角。在春夜星空中这个大三角十分醒目，使星空显得格外美丽而庄严。每年6月26日到7月2日期间是牧夫座流星雨活跃期，极盛时为6月27日，辐射点的赤道坐标为赤经224°（14时56分）、赤纬+46°。

猎犬座则是北天的一个小星座，也是最暗的星座之一。只有α星是一颗亮于三等的星，其余都是暗星。猎犬座著名的星团是球状星团M3。

室女座和天秤座

室女座位于天秤座和狮子座之间，属于黄道星座。它北面是牧夫座，南面是长蛇座，是个仅次于长蛇座的大星座。并且这个星座的位置也很重要，因为天球赤道和天球黄道都经过它。

它的α星(中文名为角宿一)几乎就在黄道上,是辨认黄道的重要标志。每年4月11日子夜室女座中心经过上中天。现在的秋分点位于右执法(室女座β)附近。室女座被想象成一个有翅膀的女神,左手拿着一束麦穗,右手拿着一把镰刀。在星图上,它很像一个Y字。顺着大熊座北斗勺把儿的弧线,就可以找到牧夫座α星,也就是大角。沿着这条曲线继续向南,再经过差不多同样的长度,就可以找到角宿一。连接大熊座北斗的α星(天枢,北斗一)和γ星(天玑,北斗三),延长到七八倍远的地方,也可以找到角宿一。角宿一与牧夫座α星和狮子座β星构成了著名的春季大三角,再加上猎犬座的常陈一构成一个四边形钻石。室女座北部有一个星系团,距离我们3800光年,是北天离我们最近的星系团。室女座还有一个很著名的星系——草帽星系。

紧挨着室女座的黄道星座就是天秤座,是由四颗小星组成的四边形。位于赤经15时10分,赤纬-15度,在室女和天蝎两座之间。它的形象是一个天秤,但它在黄道上并不起眼,因为亮星很少,而且只有四颗主星是三等星。天秤座β星是唯一的一颗肉眼可见的略带绿色光芒的恒星。天秤座NGC5897是一个松散的球状星团,使用8英寸(20厘米)的望远镜才能略微看见它。古希腊神话中,农神得墨忒尔还是真理与正义的化身。她常常用一杆特制的秤来称量人们的善恶,给每个人以最正确的评判,并使好人得到报答,使坏人受到惩罚。升到天界后,农神也从没有忘记过自己的职责,于是就把那杆秤也带到了身边,这就是春季星空中紧挨着室女座的天秤座。

狮子座和长蛇座

在春季星空中,向南看去,我们可以看到一个大问号,这就是狮子座。狮子座的五帝座一(β星)、牧夫座的大角以及室女座的角宿一,组成了春季星空里很著名的"春季大三角"。春夜通过春季大三角找到了狮子座β星即五帝座以后,它东边的一大片星,就都是狮子座的了。在狮子座中,δ、θ、β三颗星构成一个很显著的三角形,这是狮子的后身和尾巴;从ε到α这六颗星组成了一个镰刀的形状,又象个反写的问号,这是狮子的头,连接大熊座的指极星(即勺口的两颗星)向与北极星相反的方向延伸(即所谓的春季大曲线),就可以找到它。α星我国叫轩辕十四,它的视星等为1.35m,位于狮子座心脏的部位,也是那个反写的问号的一点,是狮子座最亮的星,也是全天第二十一亮星。它和大角、角宿一组成了一个等腰三角形,延长大熊座δ和γ星到十倍远的地方可以找到它。古代,航海者经常用它来确定航船在大海中的位置,所以狮子座α星又被授予"航海九星之一"的称号。狮子座的轩辕十四就位于黄道附近,它和同样处在黄道附近的金牛座毕宿五、天蝎座的心宿二和南鱼座的北落师门等四颗亮星,在天球上各相差大约90°,正好每个季节一颗,它们被合称为黄道带的"四大天王"。

在狮子座下面,可以看到一个蜿蜒的如同一条蛇的星座,这就是长蛇座。全天88个星座中长度最长、面积最大的星座是长蛇座,它头顶巨蟹座,尾扫天秤座,横跨1/4天际。

长蛇座是一个春季夜晚出现的星座。位于黄道以南,蜿蜒于巨蟹座、六分仪座、巨爵座、乌鸦座和室女座南面,小犬座与天秤座之间。在巨蟹座以南和狮子座轩辕十四的右下方,有5颗3、4等星排成一个小圆圈,这是蛇头。在轩辕十四的西南边有一孤独的红色2等星星宿一,因为在它附近没有其他亮星,所以常称为"孤儿",这是长蛇的心脏。星座中其他的暗星,则弯弯曲曲排成一长列。长蛇座由东向西延伸到巨蟹座的星团M44下方(南方),竟然蜿蜒长达100度,大约7个手掌宽,它与冬天的波江座并称全天最长的星座。

天龙座和巨爵座

我们将视线回到北天极附近,如果在大熊座的北斗七星和小熊座之间找寻,可以看到一连串星星连着一个小四边形,这就是天龙座。天龙座是拱极星座之一,一年四季都可以看到它。它以S型盘旋在大熊、小熊和武仙座之间。但因为亮星少而不是很引人注目。位于龙尾的天龙座α星(中文名叫"右枢")是一颗四等星,虽不算明亮,但它在古代埃及却是很著名的星,因为这颗星是4000年前的"北极星"。传说古埃及时期遗留下的齐阿普斯王的金字塔下有一条百米长的隧道,它的方向就对着天龙座α星。古埃及的神官们都从隧道里眺望这颗当时的"北极星"。天龙座有一个著名的星云,编号为NGC6543,它有一颗中心亮星,却不易观察到。由于亮星周围包裹着一圈很明亮的蓝绿色气体壳,样子看上去酷似猫眼,所以这个星云也叫做猫眼星云。猫眼星云是一个典型的行星状星云,距离我们约3000光年,是一颗类太阳恒星在生命的最后阶段所呈现的美景。

在长蛇座的背上也有一个很不起眼的星座,就是巨爵座。南天星座之一。中心位置:赤经11时20分,赤纬-15度。接近赤道,在狮子座之南,长蛇座和乌鸦座两座之间。座内α、β、γ和δ星(翼宿一、十六、二、七)都是4等星,构成一个四边形。巨爵座是一个很暗的星座,它位于室女座西南,座中几颗"亮星"构成酒杯形,其中最亮的四颗四等星α、β、γ和δ形成一个不规则的四边形,这个四边形大致与春季大三角构成一个菱形。■

(责任编辑　齐锐)

2012年第三届全国天文社团发展论坛报名通知

由中国科学技术大学学生天文爱好者协会主办,山东大学威海天文协会、山东大学威海天文台暨威海市天文台协办的2012年第三届全国天文社团发展论坛,定于2012年8月9日至14日在山东省威海市举行。现已开始报名,详细事项及日程安排请登录论坛官方网站查询:astromap.lamost.org,报名截止日期:2012年7月10日,咨询电话:15056012819(联系人:钱曦)。

开放在京城的天文科普奇葩之六

——芳草地国际学校远洋小学(一)

走进远洋小学，你立刻就被通透、优美、人文的校园环境所吸引：生态墙、音乐时空以及自由开放的班级书架；展现艺术才华的美术长廊；温馨优雅的心里小屋；宽敞明亮的阅览室；美观迷人的迷你花房；学生亲手制作的科技作品布满制作展架。

这是一所成立于2003年，充满朝气和生机的年轻学校，隶属于芳草地国际教育集团。成立伊始学校就明确确立了"科技育人、创新发展"为指导思想的科技教育体系。特别是该校以天文教育为科技特色，引导并发展学生对科学的基本认知，使他们怀着极大的兴趣和热情投入到对科学知识的探索和学习中，为其终身的科学发展打下坚实的基础。

首先，学校充分挖掘利用社会资源提供支持，仅天文一个学科，就得到了北京师范大学天文系、北京天文馆的大力支持；其次先进的硬件设施为开展天文科普教育提供了有力的保证：天象厅是学校的标志性建筑；同时为使学校天文教育正规化、系统化、科学化，学校组织教师编写了校本教材，开设了相应的校本课程，配备了专职的天文教师。在3~6年级开设了每周一节的天文校本课程。使用的是自主编写并正式出版的一套四册《天文探索》校本教材。在天文教学上学校还开发了一系列品牌活动："天文辩论赛"、"暗夜行动"给学生一个自我展示的空间；"天文进社区"利用学校天文资源，与周边学校和社区合作进行天文科普活动；"天文月"是学生天文素养的综合展示，北京少年报等多家媒体对学校天文活动进行了报道，受到了各界的一致好评。学校成功承办了朝阳区第一届天文辩论会、朝阳区天文知识竞赛、深入到朝阳区科普夏令营，进行天文专项的指导……这些为朝阳区天文活动的开展做出了突出的贡献。

经过学校和老师们多年的努力，远洋小学的学生在市区级天文知识、天文望远镜组装、天文论文以及天文摄影等竞赛中多次获奖，还有多位学生因天文特长而进入北京四中、八十中等重点中学就读。之所以取得这些成绩，关键还要归功于出色的天文科技教师队伍，老师们从教育、教学、教法等多个层面针对小学天文教育的问题进行了深入的思索和探讨。从本期开始将连续刊登该校几位天文科技教师的文章，希望能对我们开展小学天文教育提供有益的启示。 (本栏主持人 张杰)

提高小学生的天

□芳草地国际学校远洋小学 邓锡辉

一、目前小学生天文科学教育的现状

抽取小学中高年级500名小学生，对小学生学天文、爱天文、讲天文、用天文的表现统计如下：

(一)小学生获取天文信息的途径、数量；小学生在学习天文知识和天文观测活动中进行探索的现状

1. 关于中外天文学家的名字：能说出1～2个占50%，5～6个占20%，说出6个以上占25%，还有5%的小学生一个也说不出。

2. 知道最新天文成果：55%的小学生一个都说不出，25%的小学生能说出1～3个，20%的小学生能说出3～5个。

3. 平均每人每年看天文科普知识的课外书籍：25%看2本以下，45%的看3本左右，看4本以上者仅占30%。

4. 了解天文信息的途径：72%用2种途径以下，23%用3种途径，5%的小学生用4种途径。绝大多数小学生是在收看电视或看书中顺便了解到天文知识的，而通过听专题报告会、参观天文展览、观看科技影片或大众科技媒介获取的相关信息却是极少数，通过最新天文观测得到的则更少。

5. 在天文活动中学会探索的情况：60%的小学生能参加各种天文兴趣活动，但活动内容欠丰富，一般是听天文故事、开展一些天文星图、天文七巧板、模型火箭、画太空画、光学小制作等活动。在这些活动中，运用科学方法、科学思维进行有意识地探索、能力强的小学生占10%，40%的小学生处于一般和较差的层次；动手操作方面有84%的小学生没有明显的提高。这说明对小学生的探索能力的培养既没有重视意识，又缺乏计划性。

(二)小学生对天文知识的情感、意志、态度及合作性、独创性

除了兴趣方面有35%小学生属于较强，其余几项内容80%以上小学生属于"一般"，创造性方面处于较差的小学生数比例高于其他几项一倍。

(三)小学生在生活中应用天文知识及方法的情况

1.意识方面：能提出加强天文教育占50%，没有提出或提不出的占50%。

2.在生活中宣传、传播天文知识的仅占总数的15%，没宣传的占40%。宣传的内容面窄，仅限于天文发展简史、太阳、月亮、八大行星、彗星、天文故事和科幻故事等。

3.寒暑假能自觉参加天文提高班的大多数是男生，女生数量不多。

4.在生活中能用天文知识和观测研究方法解决问题的人数只占10%，不用的占90%。

我们又抽取11所小学部分科学课教师对目前小学开展天文教育情况进行了调查。在对天文教育的认识上，60%的教师认为没有真正重视；在对天文教育的培养目标的了解程度上，70%的教师认为不明确或不知道；在培养方法上，缺乏目的性、计划性，随意性较大；在对如何评价小学生的天文科学素质上，没有合理评价标准，只能是分数。

文科学素质和创新精神



总之,从目前小学生开展天文教育现状的调查结果看,主要存在以下几方面不足:

1.从对小学生开展天文教育的现状看,社会、国家决策部门的决定重视是人所皆知。但对天文教育的重视,还远未达到应有的程度,天文教育还未在所有小学生中真正摆到一定位置上来。因此在小学生中表现出来意识不强、认识模糊。

2.从小学生天文教育的培养目标看,虽然安排了一些内容,也仅限于书本中的天文知识传授。

3.从天文教育培养的组织形式看,目前的天文教育存在着随意性、盲目性和片面性,只重视学科教学,轻天文活动课、天文小组校外活动等;手段方法和实践仪器设备更新不够,天文系列活动少。以上现状不利于小学生天文素质的形成。

4.小学生天文教育缺乏检查、督促,导致天文教育时冷时热,不能按计划进行。

二、提高对小学生天文教育的认识是当务之急

鉴于以上现状,我们感到提高对小学生天文教育的认识,探索小学生天文教育的目标及评价标准,构建合理小学生天文教育的组织形成、科学的指导模式以及丰富的系列活动,对培养小学生的科学素质不仅十分重要,也是亟待解决的问题。根据我从事天文教育二十多年的实践经验,以及收集分析国内外天文教育的理论与实践研究的资料,从理论和实践的探索中,得出以下结果。

(一)小学生天文教育的含义

1."小学生天文教育"是指在小学生年龄阶段,通过有目的有计划地开展对小学生进行天文知识、天文观测研究方法以及天文科学精神的教育,形成学天文、看天文、讲天文、用天文的良好风尚,是为提高全体小学生的天文科学素质打下基础的一种有效的教育活动。

(1)天文教育是小学生基础教育中不可缺少的部分,它与其他教育目的上是一致并相互促进的。小学生天文教育的主要作用是启蒙、普及,为人一生的天文科学素质提高打基础。因此,它是面向全体小学生的教育。

(2)小学生天文教育是有目的、有计划的活动。这种活动是开放式、动态式的,是校内、校外教育机构共同围绕的培养目标针对少儿进行的天文教育。

(3)小学生天文教育是素质教育的重要部分。小学生开展天文活动,可以从小养成、不断发展。最基本而且终身起作用的是科学素质和心理品质。因此,小学生天文教育应为各层次的小学生在不同发展水平基础上,从认识情境、行为等几方面都得到提高。

2. 根据国内外天文教育的发展趋势,我们认为小学生天文教育应包括天文科学知识普及教育、科学方法教育和科学精神教育这三个方面。只有在明确这三方面教育的特点、作用与要求的基础上,才能增强小学生天文教育的目的性、方向性、基础性,克服片面性、随意性和盲目性,对提高小学生天文教育的质量具有重要意义。

(1)天文知识普及教育

天文学是研究天体的科学。具体地讲:是研究天体的位置、分布、运动、结构、物理状态、化学组成和演化规律的科学。天文

知识具有客观真理这个根本特征，进行天文知识教育能提高小学生对客观宇宙的认识。对小学生进行天文知识教育，要以基础天文知识为主要内容，并在此基础上，扩大小学生吸收天文普及知识的面，增加天文信息量，使小学生形成合理的知识结构。普及天文知识主要内容有天文发展史、天文概况、恒星和行星、太阳系、太阳、彗星和流星、时间和历法、月亮、认识星星、星图和天文望远镜、宇宙概观、航天知识、天文观测等。

(2)天文科学方法教育

天文学研究的主要方法是观测，也开始采用实验方法。天文观测方法教育在促进小学生的科学化过程中起着重要作用。天文观测方法是获得天文知识的手段，小学生掌握了观测方法才能更好地理解天文知识，获得智力发展，有助于培养小学生的创造性。对小学生进行天文方法教育，能提高观测力、想象力、思维力、注意力、记忆力和探究力。

(3)科学精神教育

科学精神是指天文学家所具备的崇高的行为价值规范和准则。从小培养小学生具有一定的天文科学情感及态度，对小学生个性品质发展的作用非常大。重点培养的个性品质是指，对天文科学和观测的兴趣，在探索中克服困难的精神，学会集体合作，了解和认识宇宙，参与活动的主动性，追求探索和创新性。

上述三方面的教育各具特点，在促进小学生天文科学教育提高的过程中发挥着不同的作用，它们相互联系、相互作用、相辅相成，能充分发挥其整体功能。

(二)小学生天文教育的培养目标及评价

1. 小学生天文教育的培养目标

(1)总目标：通过天文教育培养小学生的创造性。

(2)具体目标：通过普及天文知识，发展小学生智力，培养其非智力品质，培养动手能力，使小学生更好地学天文、爱天文、讲天文、用天文。

学天文，是指使小学生在学习天文知识的过程中，学会科学思维和观测方法，形成合理的天文知识结构，学会一定的掌握信息的技能和探索技能。

爱天文，是指使小学生从小热爱天文，对天文学有兴趣，培养他们一定的科学意志、科学态度、与人合作的精神、探索宇宙的意识。

讲天文，是指小学生能多形式、多途径地宣讲天文知识，介绍天文成就和天文研究方法，讲解天文科普常识，破除对宇宙看法的封建迷信、宣传辩证唯物主义宇宙观。

用天文，是指使小学生能用所学到的天文知识和观测方法，认识宇宙，会使用天文仪器、学会观测重要天象，并进行天文小制作、小实验等。

(三)小学生天文教育的实施

1. 组织形式

随着天文科学飞速发展，社会需要具有较高天文素质的人才。我们构建的小学生天文教育的组织形式是把天文课列入学校活动课程表，每学期办普及班，科技活动中心寒暑假集中办天文提高班。坚持天文协会和天文兴趣小组活动和学校天文特色活动相结合。创办天文特色学校，加强特色学校建设，做到各组织形式之间是互补互促进。校内天文活动课打基础、搞普及、天文教学以学天文知识、学方法为主。小学生科技活动中心提供专门天文科技或天文科普活动的环境，为提高和发展服务，普及与提高、学与用结合起来。

2.天文科学探究指导模式

为了更好地指导小学生，有效地培养小学生的信息技能和探索能力，我们初步提出了天文探究模式。小学生对宇宙有很强的好奇心，对天文非常感兴趣，想弄清楚宇宙间的奥秘，这是一种进行天文探索的可贵的动力和心理资源。在这种情况下，我们如能在小学生好奇心大发时，引导他们探求、发现新事物，获取认识规律，将促进小学生科学素质的发展。

根据以上理论观点，我们构建了启发→探索→分析→总结的科学探究指导模式。目的是通过天文教学或天文活动指导小学生学会科学探究，使小学生获得天文知识、天文观测方法和技能，培养他们的兴趣、意志、科学态度及科学意识。

三、总结

1. 在开展“探索星空的奥秘”科普主题活动时，要注意引导青少年学习天文科技工作者的崇高品质和先进事迹，培养青少年实事求是的严谨工作作风，使青少年学会合作。

2. 应把天文科技教育课程化、活动化、环境化，为天文科普主题活动的开展创造优越条件。

3. 天文科普主题活动要注意普及与提高相结合，注意不同年龄层次和不同学生的特点，在普及的基础上有所提高，在提高的指导下扩大普及面。

4. 做好天文科普活动指导教师的培训工作。如请天文科技工作者上课，开设天文科普讲座，组织指导教师参观天文台(站)，使指导教师学会观星仪器的操作使用，学会天象观测方法，学习星图绘制等。通过各种途径提高天文科技教师的业务水平，是成功开展天文科普活动的重要保证。

5. “探索星空奥秘”科普主题活动应着重开展重大天象的观测、天文基础知识的普及和天文基本科技技能的培训等活动，通过活动培养青少年对天文科技活动的浓厚兴趣。■

(责任编辑　齐锐)



笔者(左一)带领学生参加2012年在北京八一中学举办的天文奥赛预赛活动



流动天文馆(三)

——近年活动案例

□北京天文馆　苗　军

流动天文馆足迹遍布祖国大江南北

十多年来，流动天文馆在各级领导的大力支持下，走遍了中国二十四个省、自治区、直辖市、特区，北到黑龙江大庆，南到广东中山，西北到新疆生产建设兵团，东到山东青岛农村，大江南北遍布流动天文馆的足迹。共到访学校、社区、公园等近千所，开展天文科普讲座数百场，模拟星空演示数千场，行程五十多万千米，普及人数百万人次以上。在北京市乃至全国范围内取得良好社会反响，深受广大师生和群众的热烈欢迎与好评，媒体争相报道。

此处列举十余年来流动天文馆赴外省市开展活动的简要信息。

流动天文馆活动简要信息

年　份	地			区			
1999年	苏州市	芜湖市	锡林郭勒	太仆寺旗	南昌、井冈山、贵溪		
2000年	杭州市	石家庄	滦平市	长春市	唐山市		
2001年	太原市	大庆市	兰州市	东营市			
2002年	大同市	长沙、浏阳、衡阳、郴州、湘潭					
2003年	乌鲁木齐市及新疆生产建设兵团农一师和农四师	中山市					
2004年	金坛市	绵阳市	大庆市	荥阳市			
2005年	澳门《科普互动》展览						
2006年	大同市	成都市	青岛市	新郑市			
2007年	延安市	银川市					
2008年	郑州市						
2009年	银川、固原、中卫、吴忠、石嘴山	塘沽区	武汉市	宁波市 嘉兴市	什邡市	南昌市	敦煌市
2010年	郑州市	什邡市	固原市	阜新市			
2011年	临沂市	阜新市	西宁市	什邡市			



2007年3~4月，流动天文馆来到革命老区陕西延安，在当地开展了为期半个月的天文科普活动，受到老区人民的欢迎。图为好奇的学生们在充气式天象厅前围观。2007.3，陕西延安延长县小学。

流动天文馆的活动案例

流动天文馆积极配合国家的大形势与相关政策，如开展"加强大西北社会主义新农村建设"、"大手拉小手"、"科学战胜愚昧"、"爱祖国爱科学爱家乡爱自然"、"争当新世纪小主人"、"迎奥运讲文明树新风"、"携手建设创新型国家——提高科学素质，参与低碳行动"、"天文科普西部行"等系列主题活动。并且更加注重"以人为本"的科普政策，将科普的范围更广地投射到社会中的弱势群体。

2003年，流动天文馆应邀赴新疆生产建设兵团进行科普宣传。荒凉的戈壁滩上当时没有柏油公路，经常是颠簸一天也看不到一个人，只有呼啸而过的大风让人不寒而栗。老同志带头发扬坚韧与乐观的精神，每个人的身上都散发着蓬勃的朝气。群众需进入充气式天象厅内才能观看模拟星空表演，而充气式天象厅本身重量并不大，容易受到大风的影响。为保证大家的人身安全，天象厅提前进行了常规固定。可新疆恶劣的天气让人始料不及，节目刚刚开始，大风袭来，充气式天象厅被大风掀动了一下。看到这种情况，工作人员赶紧冲过去，双手紧紧抓住圆包，大家齐心协力保证了节目的正常放映。半个多小时的节目下来，大家都一身大汗，可双手在凛冽的寒风中早已麻木。这样的事情，在宣传车多年奔走各地的活动中已不知发生了多少次…



2009年正值国际天文年，流动天文馆应邀来到宁夏自治区，在全省多个城市开展了近二十天的科普活动，走访二十余所中小学校，数万名学生受益。图为学生们有秩序进入天象厅观看模拟星空演示。2009.4，宁夏银川第二十六中学。

2004年，流动天文馆来到四川绵阳开展活动，其参观人数之多、工作量之大创造了历史记录。最多的一天连续工作十四个小时，每个天象厅演出近三十场，两个天象厅共接待六千余人。时值盛夏，绵阳气温炎热，模拟星空演示的充气剧场空间有限，外部被阳光照射，内部观众多，气温很高，每场节目下来，团队每名成员都是汗流浃背，用"挥汗如雨"来形容并不夸张。这样勤恳的工作态度感动了来参观学习的每一个人，每场演出过后，广大师生及群众都报以热烈的掌声。

2007年进行的"流动天文馆革命圣地延安行"活动，为期半个月，到访延安、铜川两个市及延长、宜川、富县、甘泉、安塞5个县，普及人数两万余人次。此次活动，为老区人民尤其是广大青少年普及了天文知识、传播了科学思想、弘扬了科学精神，让老区青少年开阔了眼界，进一步树立了正确的宇宙观。活动取得良好的社会反响，让老区的群众们感受到来自祖国首都的关怀。同时，此次革命圣地延安行活动也使团队成员的思想觉悟得以提高。老区人民发扬艰苦奋斗的革命精神，把过去的一个黄土高原建设成了一个较为现代化的新兴城市，这给大家留下了深刻印象，大家感触颇深。



2009年国际天文年期间，流动天文馆走访了宁夏、浙江、江西、甘肃等多地，配合国际天文年主题和日全食天象开展了系列科普活动。图为王宗良主任为学生们讲解日全食知识。2009.7，浙江宁波东方中学。

2009年正值国际天文年，流动天文馆先后赴宁夏、天津、湖北、浙江、四川、江西、甘肃等多地开展天文普及宣传活动及日全食观测指导。这一年，流动天文馆的行程、活动次数、普及人数创下历史之最，同时也很好地配合了国际天文年的主题，为推动我国天文科普事业的发展做出了积极的贡献。

2011年，流动天文馆再赴老区——山东沂蒙。十多天的活动中，流动天文



2011年4月，流动天文馆来到革命老区山东沂蒙地区，在当地各郊区县开展了为期十余天的天文科普活动，受到老区人民的欢迎。图为流动天文馆在临沂市科技馆广场开展科普宣传活动。2011.4，山东临沂。

馆相继来到临沂科技馆、河东区、经济开发区、郯城县、费县、沂水县，先后走进近十所学校，放映模拟星空节目上百场，开展数场天文科普讲座，近两万人受益。活动受到当地同学、老师及市民的普遍欢迎。在老区引起了强烈反响，取得了良好的社会效益。老区的孩子很少有机会接触天文科普，他们对知识的渴望深深地感动了大家。

2011年，流动天文馆首次来到西部青海省，与西宁市科协共同开展“全国科普日”科普大篷车联合行动。先后前往西宁市湟中县、湟源县、大通县及城区举行了形式多样的活动，受到广大同学和群众的热烈欢迎。活动在当地引起强烈的社会反响，为西部的科学普及起到一定的推动作用。

2011年，流动天文馆第三次南下北京对口援建城市——四川什邡地震灾区开展科普支援活动，为灾区的同学和棚户区居民们带来丰富有趣的科普活动，包括模拟星空演示、天文科普讲座、互动展品体验、天文知识展览、陨石标本展示等。流动天文馆连续三年对灾区进行科普支援，不仅仅代表天文馆，更饱含着北京人民对灾区人民的问候与支持。活动受到当地人民的热烈欢迎和一致好评。

流动天文馆自成立至今已十多个年头，多年的实践经历与社会反响体现了它的意义。流动天文馆的活动还将一如既往地开展下去，并将不断进取，勇于开拓创新，为实现“科教兴国”的伟大目标、提高全民科学素质做出更多的贡献。



2011年9月，流动天文馆首次来到西部青海省，与西宁市科协一起，在当地开展了“全国科普日”科普大篷车联合行动，为当地学生及群众开展了丰富多彩的科普活动。图为充气式天象厅周围挤满了好奇的学生们。2011.9，青海西宁湟源县第二中学。



2009、2010、2011年，流动天文馆连续三年为四川什邡灾区的小朋友们提供科普活动支援，为当地学生们带去丰富的科普体验与学习用品。图为王宗良主任(右一)和贾贵山副主任(左一)代表流动天文馆为当地学生赠送百余套书包。2010.4，四川什邡元石中心小学。

流动天文馆的活动组织形式

场地要求

模拟星空演示：需要一块平整场地，室内最佳，面积10×10米(至少8×8米)，高4.3米；若无室内条件而需要在室外布展，要求天气无雨无风，最好无烈日照射；附近要有电源。为了安全等因素考虑，不建议在公园、广场等地组织此项活动。

天文互动体验及陨石标本展示：需场地一块，室内外均可，单件互动仪器的尺寸(长×宽×高)大约0.6×0.5×0.7米，通常提供二十件左右；室外放置时需考虑防雨；附近要有电源。

天文知识展览：本项内容包括30块展板，每块展板宽0.9米，高1.2米，室内室外均可放置；室外放置时需考虑防雨防风；无需用电。

天文科普讲座：可根据需求开展多专题的天文讲座。

注：所有用电均系普通照明电，用电总负荷约1.5千瓦。

组织形式

一节课可接收200人参与活动。半数观看模拟星空演示(每场约20分钟)，半数体验天文互动仪器、观看天文知识展板及陨石标本；约20分钟后两拨学生互换。之后再安排200人参与活动，以此类推。不建议同时安排全校师生前来参与活动，因为一次模拟星空演示只能容纳一百人左右，接待人数有限。流动天文馆抵达目的地，在活动场地等条件都符合的前提下，需要约30分钟布展，布展后即可开展活动。天文科普讲座将根据学校的需求决定是否进行，可在活动期间独立安排。

网址

www.bjp.org.cn/misc/node_4487.htm

(责任编辑　齐锐)



表面光鲜的背后，是流动天文馆执行团队全体成员的艰辛与付出，我们向全体曾经的和现在的团队中每位成员致敬。图为科普大篷车在高速公路上抛锚，工作人员正在进行紧急处理。2009.11，甘肃境内。

阿马天文馆之技术篇

□郭 霞

孩子们在阿马天文馆观看 Digistar 3 表演的节目

在英国北爱尔兰阿马郡的阿马城，有着爱尔兰最迷人的景点。阿马不仅曾是古代阿尔斯特王国的首都，还有一个别名叫做圣帕特里克之城。这里是11世纪爱尔兰王布莱恩·博茹的出生地，也是爱尔兰的宗教中心。如今它融合了爱尔兰当代文化与古代文化的精华，是一座令人流连忘返的城市。现代化的阿马天文馆和古老的阿马天文台，使得这座城市成为具有现代感和厚重历史的景点之一。阿马天文馆坐落在靠近阿马市中心环境优美的学院小丘上，天文馆占地57,000平方米，毗邻著名的阿马天文台。

阿马天文馆的诞生和最初发展

20世纪20年代现代天文馆在德国诞生。第二次世界大战后天文馆风靡全球。阿马天文馆正是在这个时期诞生的，是爱尔兰第一座天文馆。天文馆是一个有着球形银幕的剧场，观众坐在舒适的座位上，伴随着解说和音乐，观看球幕上的恒星、行星和飞船，体验太空之旅。

在阿马天文馆的历史中最重要的人物无疑是埃里克·林赛博士。林赛从1937年到1974年担任阿马天文台的第七任台长。他是一个杰出的天文学家，曾在爱尔兰，南非和美国工作。林赛博士从许多希望参观游览天文台的私人请求中，感到普通公众对天文学的兴趣。这促使他产生了建立天文馆的想法。

林赛博士在1943年首次提出建立天文馆，并开始筹集资金。在整个1950年代，除了承担阿马天文台台长职责，他还致力于这个计划的推进。1964年11月，他取得了突破性的进展。林赛博士说服政府和地方议会，为建设一个作为教育中心和旅游中心的天文馆支付经费。1965年3月，该项目宣布立项并开始实施。同年帕特里克·摩尔被任命为首任天文馆馆长监督施工。

阿马天文馆的总设计师，是阿马郡波塔当的贝尔先生(脉冲星发现者，著名天文学家贝尔·伯内尔教授的父亲)。他的设计灵感来自加拿大埃德蒙顿伊丽莎白女王天文馆。阿马天文馆建筑的直径15米，粉红色的大门上拼装了多块灰色和白色的阿马大理石，它最初的白色玻璃纤维穹顶很快成为当地的地标建筑。天文馆总投资70,000英镑，其中12,000英镑用于购置天文馆的第一架天象仪——日本五

阿马天文馆是英国爱尔兰的第一座天文馆，也是从著名的阿马天文台衍生出的一座天文馆。虽然阿马天文馆的天象厅直径只有12米，但从上世纪60年代末建成以来，其天象仪也经历了从光学天象仪到数字投影天象仪的变迁。丰富的文化底蕴，使阿马天文馆人才济济，这里出了3位国际天文学会的主席。从阿马天文馆我们可以看到，这座天文馆的诞生和发展与世界天文馆行业的发展密切相关。笔者将分两篇介绍阿马天文馆的历史与技术，以及人文与教育。

藤公司火星型天象仪。该仪器代表了当时的尖端技术。这架仪器开启了阿马天文馆用最新技术带给观众最好体验的传统。

阿马天文馆于1968年5月1日落成向公众开放。天文馆刚开业时，黑色的蜘蛛天象仪成为天文馆的主角，周围的座椅可容纳100个观众。很快天象厅中增加了特效投影机，以提高图像的表现力，表演行星的旋转和飞船的运动。每个效果都需要自己的专用投影机，在圆顶周围特制的圆形架子上，大约安置了50个幻灯机。这个系统非常复杂，但表现出色。

20世纪70年代是阿玛天文馆不断发展日益壮大的10年。1974年，阿马天文馆扩建了天文厅。为向天文馆的创办人林赛博士的辛勤工作表示敬意，这个大厅被命名为林赛天文厅。遗憾的是，他没能看到这里，在林赛大厅开幕前不久去世。之后，阿马天文馆还建立了一个安装400毫米反射望远镜供公众使用的天文台，这是目前爱尔兰最大的公众望远镜。1994年新建了一个展览大厅——地球馆，藉由对地球科学的兴趣增加而建。


阿马天文馆的第一架五藤天象仪

阿马天文馆启动视频革命

天象仪 阿马天文馆建馆40多年来，使用过几种不同品牌和不同类型的天象仪，以提高表演能力、满足观众日益增长的需求。第一架天象仪是五藤公司的火星天象仪，在1968-1977年使用。1977-1994年更换为美能达Viewlex IIb型天象仪。1994-1995年，阿马天文馆安装第一台数字天象仪，益世公司生产的Digistar 1。在英国是第一个使用这项新技术的天文馆。但很快就被更先进的Digistar 2(1995-2006年)取代。阿马天文馆的建筑翻新后，于2006年7月31日重新开放。数字天象厅可以容纳93个观众，安装Bose公司的新立体声音响系统，先进的LED照明系统，和彩色全天域球幕视频投影系统Digistar 3(2006-2011)。2011年7月，最先进的Digistar 4进入阿马天文馆。这样，在数字投影设备方面，阿马天文馆在全球始终保持着领先的位置。

技术创新 阿马天文馆的技术创新由来已久。20世纪70年代，在特伦斯·默道出任馆长时期，他推出了许多新技术。默道认为利用视频投影机的新技术，有可能取代几十个幻灯机，提供节目所需的特殊效果。但是有许多技术难题需要解决，现成的视频投影机投影出平面的图像，而非弯曲的图像，因此，天文馆的工作人员不得不自己动手改进投影机。当第一幅带有灰框的图像出现在球幕上时，图像完全变形。通过增加新的电子线路板，加大图像的色彩和亮度，降低对比度直到天体自然地呈现在漆黑的空间，这个问题最终得到解决。

这一发明取得了成功，阿马天文馆也因此成为世界上第一个将视频投影新技术用于天象厅球幕的天文馆。随着天象厅技术的不断提高，特伦斯·默道馆长尝试增加更多的视频投影机。把4个投影机投映到球幕的四周方向，另一个投影机将画面投影到圆顶的顶部，构成一个全天域图像。阿马天文馆的努力奠定了全天域投影技术的基础，后来出现了Digistar3。

多媒体展览 阿马天文馆继续其技术创新的光荣传统，在世界上首先推出了运用多媒体计算机技术的展览系统——银河百科全书。在展区的参观者可以坐在键盘前，使用一个简单的菜单界面，选择



阿马天文馆


阿马天文馆首次将投影仪用于天象表演


阿马天文馆的展览厅

和查看存贮在激光影碟上的500 000张图片、视频剪辑和相关注释。来到阿马天文馆的市民很快就迷上了这种展示系统。这种展示系统也受到新闻界和电视的追捧。银河百科全书甚至上了BBC的"明日世界"，并获得久负盛名的«新科学家»杂志整页报道，可谓风靡一时。

互动系统 阿马天文馆的另一个世界第一，是在天象厅率先引进观众参与的互动系统。每个座位配备一个小键盘，使用这种装置，观众可以使用按键选择自己喜爱的节目，甚至可以参与节目表演，引导节目的进程。在20世纪80年代，阿马天文馆的《太空奥德赛》中，第一次使用了观众互动系统。这是世界上有史以来第一个完全互动的天象节目，如今，这一创新已蔓延到全世界许多天文馆。

全天域投影 2006年，阿马天文馆安装了彩色全天域球幕视频投影系统Digistar 3。它不仅可以代替传统的天象仪投影星空，甚至还可以投影任何全天域图像。该系统是完全集成的，所有设备都由操作台的一台计算机控制，灯光、声音和图像的同步，软件与硬件的配合等。主机和图形处理器协同工作，通过BARCO公司的6台SP 909 CRT投影机，在天花板上投影出的六幅无缝拼接的图像，给人一种真正的全球幕画面的体验。通过星际旅行，观众可以接近超新星，感受巨大爆炸导致恒星死亡的过程。来到阿马天文馆的年轻的观众都惊呆了。

当前的新技术 2011年7月，阿马天文馆再次更新设备，安装了奇妙的Digistar 4投影系统。在英国它又是第一个安装Digistar 4的天文馆。Digistar 4拥有壮观的数字图像和声音，它创造了一个全新的感官体验，激发观众的想象力。360度的全天域体验可以带领观众进行夜空之旅，可以呈现，在爱尔兰、或在宇宙中任何地方观看时，太阳系的不同壮观画面。观众甚至可以目睹宇宙的原动力导致的恒星坍缩和天地碰撞。

D-4也有一个强大的节目制作系统，可为天文馆创作出所需的全球幕数字电影。阿马天文馆在暑假期间可以提供不同的节目，同时可以介绍本地的天象。

可以毫不夸张地说，Digistar 4代表了最新的数字天文馆技术。D-4的"大脑"由10台电脑组成，其中一个管理整个系统，控制着其他的电脑。第二个是音频计算机，它控制着所有的声音。其他八个图形处理器，通过八个通道产生一个全天域图像。D-4有一个非常好的夜空编程系统，只要有足够的想象力，就可以制作出神奇的节目。

阿马天文馆带给我们的启示

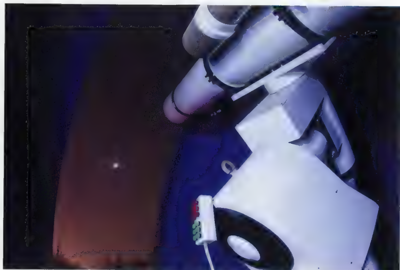
在阿马天文馆40多年的历史中，天象仪的发展起到了决定性的作用。从最初的光学天象仪，到后来的数字天象仪，和今天的数字全天域投影系统。从购置设备，到开发革新，阿马天文馆始终走在世界天文馆发展的前沿，甚至起到了引领天文馆技术革命的作用。天象仪的发展推动了天文馆的发展，阿马天文馆见证了这一切。未来的天文馆还要向前发展，数字化为我们开拓了广阔的前景，发挥你的想象力吧，只要你能想的出来做的出来，在天文馆里都可以表现。■

（责任编辑　张长喜）


阿马天文馆Digistar　4投影的图像

早春的京城，寒意依旧。暮色将至时，行人的背影如幻灯般迅速闪过，不远处，光秃秃的树枝在朔风中不知疲倦地摇弋着，几只喜鹊飞过来停留了一小会儿，伴随着喧闹的鸣叫。这是归隐的时刻，大家都急于回到自己的安乐窝。然而此时却有一群人聚集到广场中央，抬头仰望着太阳消失的方向，仿佛翘首等待着一幕演出。

这是在国家天文台沙河观测基地的里的一幕，辛勤的家长正带着孩子们参加观测"金木伴月"的活动。这是由北京市教委下属的"天智科学会"与国家天文台科普部联合举办的天文开放日活动，旨在向在校学生宣传、普及天文基础知识，提高学生的科学素质。天文开放日活动每月组织一次，每次都会根据当时的天象指定不同的主题，比如这次活动的主题就是取材自"金木伴月"这个常见但又很美丽的天象。



20厘米折射镜与金木伴月（苏晨）

在沙河站欣赏"金木伴月"

□文/戴明

活动于当天下午三点开始，孩子们在家长的陪同下参与了科技制作环节。在"小小工程师"制作中，孩子们第一次见识了机械结构的魅力；在"科普乐"科学DIY环节，科技课堂与动手实验的结合令孩子们兴奋不已。这些都是"天智科学会"精心为孩子们安排的活动项目，让孩子们在动手的过程中亲自去了解科学、感悟科学、爱上科学。

接下来，我们带学生观看了四季星空的穹幕电影，使他们对星座有一个大概的认识。晚餐后，随着参加人数的增多，活动进入了主题环节——欣赏"金木伴月"。

天色尚早，但最亮的金星早已出现在我们眼前，尽管城市的光污染、大气污染日益严重，却丝毫无法削弱那夺目的光辉，能够在大都市里引起人们注意的，恐怕也只有它了。随着天色逐渐变暗，妩媚动人的峨眉月变得越来越清晰，然后是木星、天狼星……身边的孩子们开始变得兴奋，尽管这几颗星在平时也看得到，但没人告诉过他们叫什么名字，有哪些故事。

在沙河观测基地的圆顶楼中，同样挤满了排着长队、想亲自一睹行星芳容的人。圆顶里安装有一台口径200mm的折射式望远镜，是南京天文仪器厂生产的，但没有标注焦距。根据长度判断，这台望远镜的焦距至少在1800mm以上，所以一般的中焦目镜按上去也能得到相当可观的倍数。借助这台威力十足的"大炮"，学生们第一次看清了月球和金星的庐山真面目，欣喜之情溢于言表。对于陪伴的家长们来说，参加这次活动也是受益良多，不仅开阔了自己的视野，也让孩子们度过了一个快乐的周末。

这次天文开放日的活动同样使我们受益良多，坚定了将天文科普做大、做好的决心。今后，我们将不断推出独具特色的天文科普活动，包括5月份的日环食、6月份罕见的金星凌日、8月份的流星雨天文夏令营等，让孩子们畅游在浩瀚神秘的宇宙星空。■



沙河观测基地上空的金木伴月（戴明）

（责任编辑　张恩红）

2011年第七届亚太天文奥赛理论试题答案

□亚太天文奥赛组委会 供稿／冯翀 翻译

低年组

1、天顶观测。

解答：恒星在天球上的运动速度与该恒星赤纬的余弦成正比。当恒星位于天顶时，其赤纬和观测地点的地理纬度相等。可得：

$$V_T/V_Y=\cos\varphi_T/\cos\varphi_Y=\cos(-3°42')/\cos62°02'\approx2.128$$

在望远镜的视场里也是如此，因此有 $t_Y/t_T=V_T/V_Y$，于是：

$$t_T=t_Y\times\cos\varphi_Y/\cos\varphi_T=2^m48^s/2.128\approx1^m19^s$$

2、游牧民族的宇宙模型。

解答：游牧民族注意到每向南方迁徙111千米(现已知地面111千米对应地理纬度1度)，则正午的太阳高度会升高1度。哈萨克斯坦西部的阿克托别地区干草原的纬度范围为45.5° 到50.5° 。我们在此取48° 为平均值。在9月末和3月末时，太阳高度近似为90-ϕ=42° 。假设L是距离模型中太阳的距离，通过构建三角形并利用正弦定理，可得：

$$\sin42°/L=\sin1°/111千米$$

则地平高度42° 的太阳与他们的距离应为：

$$L=111千米\times\sin42°/\sin1°\approx4250千米$$

相应的，从表格中可得太阳的实际数据 D_S=1.392百万千米，L_S=149.6百万千米。由此可得，模型中的太阳直径应为：

$$D_M=L\times D_S/L_S\approx40千米$$

3、“Soyuz TMA-22”卫星。

解答：本问题的解题关键是要使国际空间站(ISS)和“Soyuz TMA-22”卫星的轨道在同一平面。所以我们要找出在11月14日，ISS的轨道平面何时会经过拜科努尔。该具体时间可以根据ISS 11月9日的轨道图得到。考虑到轨道在太空中位置的稳定性(实际上的轨道平面是存在进动的，而且进动的数值相对来说也较大，但是由于该项计算非常复杂，所以在此题中暂不考虑该项变化)，可以认为其运动轨道在11月9日和11月14日经过地球表面拜科努尔的恒星时是相同的。

从已知数据可得，ISS的轨道周期是24×60 /15.6 =92分钟。阿克托别时间2011年11月9日10ʰ42ᵐ时ISS和拜科努尔的位置几乎相对。ISS会按轨道运动，在10ʰ 42ᵐ之前的半个周期内经过拜科努尔所在的地理纬度(此刻的轨道位置在拜科努尔的右侧，图上测出的距离为8.5mm)，并在10ʰ 42ᵐ之后的半个周期内再次经过(此刻的轨道位置在拜科努尔的左侧，图上测距离为3mm)，对应的时间分别为9ʰ 56ᵐ和11ʰ 28ᵐ(该结果的精度为±2分钟)。利用线性差值(11ʰ 28ᵐ-92ᵐ×3/(3+8.5))，可知ISS会在11月9日11ʰ 04ᵐ经过拜科努尔(该结果的精度为±6分钟)。恒星时每天要比平太阳时(我们日常生活中使用的时间)快大约4分钟。所以11月14日当天同样恒星时对应的阿克托别时间为10ʰ 44ᵐ(±6分钟)。

因此，通过计算可知，2011年11月14日大约10ʰ 45ᵐ是“Soyuz TMA-22”卫星的入轨时间。

根据开始的假设，我们可以将卫星入轨时间近似为发射时间。

对此结果的第一个修正就是对卫星最后入轨时间的改正。正如大家所知，发射火箭大概需要10分钟。所以发射时间要比入轨时间再早10分钟，即大约是2011年11月14日10ʰ 35ᵐ。

事实上还需要对结果进行一些修正。最重要的就是修正轨道进动的影响。目前ISS(在经度方向)存在每天3.5度的轨道进动，换算出来就是每天减14分钟。

所以“Soyuz TMA-22”卫星对外宣布的真实发射时间应该是阿克托别时间2011年11月14日9ʰ 25ᵐ。

4、Phobos-Soil卫星。

解答：“Zenit”火箭的引擎开始工作时所发出的光将会在其超过阿克托别市的地平线时被当地观测到。

首先，我们要计算出火箭刚好到达阿克托别市地平线时的高度(h)。根据地图位置和地图上的比例尺，可以计算出阿克托别市与“Zenit”火箭发射地点之间的距离。

$$L=675千米$$

两地之间的角距离为

$$\beta=90°\times675千米/10000千米=6.1°$$

在由“地心-阿克托别市-火箭”三点构成的直角三角形中，“地心-阿克托别市”之间的距离认为是地球半径(R)，“地心-火箭”之间的距离是R+h，则可知：

$$\cos\beta=R/(R+h)$$

$$h=R(1-\cos6.1°)/\cos6.1°\approx36千米$$

因为火箭垂直向上运动的加速度为 $a=3g\approx29.4m/s^2$，$h=at^2/2$，$t=(2h/a)^{1/2}=(2h/3g)^{1/2}\approx(72000m/29.4m/s^2)^{1/2}\approx(2450s^2)^{1/2}\approx49s$

因此根据本题的题意和数据可得，在阿克托别市看到“Zenit”火箭引擎发出光的时间为阿克托别时间01:16:13 + 00:00:49 = 01:17:02。

5、阿克托别上空的“Phobos-Soil”卫星。

解答：只有被照亮的卫星才可见。照亮卫星的常见光源是太阳，而且以我们所在的位置来说，太阳也是唯一能照亮“Phobos-Soil”卫星的光源。阿克托别时间02:45时当地为深夜。在11月9日的此刻，太阳位于其地平线以下50° 处。这也表示任何高度在250km处的物体都完全处在地球的阴影中。所以在阿克托别时间02:45时无法看到这颗卫星。

作为解题基础的示意图是必要的(答案中要包含示意图)，

示意图中需要包括地球、卫星位置和日光的方向。示意图必须明显地标明，此时的卫星处于地球的暗影中。

6、"Phobos-Soil"飞向火星。

解答：从题目给出的条件和可用的表格数据中，我们无法知道地球和火星的真实位置，所以在解题时假设这些天体的轨道都是近似圆形的。

对于从地球到火星的航天器所经过的行星际轨道，它的轨道近日距等于地球轨道半径，远日距等于火星轨道半径，所以半长轴等于地球轨道和火星轨道半径之和的一半：

$$a_{E-M}=a_E/2+a_M/2$$

根据开普勒第三定律可知：$(a_1/a_2)^3=(T_1/T_2)^2$

可以总结为：$a_i\sim T_i^{2/3}$，因此我们可以在第一个公式中用$T_i^{2/3}$代替a_i，得到：

$$(T_{E-M})^{2/3}=(T_E)^{2/3}/2+(T_M)^{2/3}/2$$

则：$T_{E-M}=[(T_E)^{2/3}+(T_M)^{2/3}]^{3/2}/2^{3/2}$

因为从地球到火星所需的时间对应为1/2个周期，所以其飞行的时间为：

$$\tau=T_{E-M}/2=[(T_E)^{2/3}+(T_M)^{2/3}]^{3/2}/2^{5/2}$$

$$\tau=[(365.25)^{2/3}+(687)^{2/3}]^{3/2}/2^{5/2}\approx259\text{天}$$

2011年11月9日后的259天为2012年7月25日。因此根据上述公式可得，在此条件下其抵达火星的时间为2012年7月25日。

注意：本题的答案和"最优轨道"短语只在被动轨道的情况下适用。实际上"Phobos-Soil"卫星从地球到火星的轨道是主动式的，比如，航天器有时要对轨道做一些修正，做这些小的修正会比只做两次（靠近地球处和靠近火星处）制动，耗费更少的燃料。所以"Phobos-Soil"的轨道实际上是由许多不同的椭圆轨道组成，从地球到火星的推荐飞行时间是11个月。

高年组

1、更多星。

解答：在拜科努尔镇附近，用肉眼观测可以比在阿克托别市多看见从纬度$d_1=\varphi_A-90°$到$d_2=\varphi_B-90°$范围内的带状天空，其中φ_A和φ_B分别是阿克托别市和拜科努尔镇的纬度。因此该片天空的宽度为：

$$w=d_1-d_2=\varphi_A-\varphi_B=50°16'-45°37'=4°39'$$

该片天空的长度等于天赤道的长度乘以该片天空平均纬度的余弦值：

$$l=360°\times\cos((d_1+d_2)/2)=360°\times\sin((\varphi_A+\varphi_B)/2)=360°\times0.742\approx267.3°$$

因此这片天空的面积为：

$$l\times w=267.3°\times4.65°\approx1243\text{平方度}$$

我们已知用肉眼观测全天大概可见6000颗星，该区域换算成平方度为：

$$S=4\pi(360/2\pi)^2=360^2/\pi\approx41253\text{平方度}$$

1243平方度的天空大约占全部可见天空的1243/41253≈0.030。因此可以多看见的星数为：

$$N\approx6000\times0.030=180\text{颗}$$

2、游牧民族的宇宙模型。

解答：对那些"在正午时分太阳位于天顶"的地区，其与模型中太阳距离要小于1/sin42°，因此相对应的角域要小$(1/\sin42°)^2$=2.2倍。则从垂直于模型太阳表面方向上辐射出的能量要多两倍多。利用斯特藩-玻耳兹曼定律可得到平衡温度。

在不考虑光线辐射倾角的情况下，辐照必然会增加2.2倍，所以σT^4会增加两倍多。

$$T_2=T_1\cdot((1/\sin42°)^2)^{1/4}=T_1\cdot(1/\sin42°)^{1/2},\ T_2\approx1.22\cdot T_1$$

当$T_1\approx290K$，可得$T_2\approx355K$，大约是80-85°C。

不过，考虑了光线辐射倾角后结果会更加精确。所以辐射到每单位哈萨克斯坦西部干草原的能量只有从垂直于模型太阳表面方向上辐射出的cos48°≈sin42°≈0.67。则赤道地表每单位的辐照要增加$\cos^{-3}48°\approx3.3$倍，σT^4也会增加3.3倍。

$$T_2=T_1\cdot((1/\sin42°)^3)^{1/4}=T_1\cdot(1/\sin42°)^{3/4},\ T_2\approx1.35\cdot T_1$$

当$T_1\approx290K$，可得$T_2\approx390K$，大约是120°C。

无论哪种情况都会很热。也许就是这个原因，在哈萨克斯坦干草原的游牧民族不愿意向赤道区域迁徙。

3、同低年组。

4、Phobos-Soil卫星。

解答："Zenit"火箭的引擎开始工作时所发出的光将会在其超过阿克托别市的地平线时被当地观测到。

首先，我们要计算出火箭刚好到达阿克托别市地平线时的高度(h)。根据地图和地图上的比例尺，可以计算出阿克托别市与"Zenit"火箭发射地点之间的距离为：

$$L=675\text{千米}$$

两地之间的角距离为：

$$\beta=90°\times675\text{千米}/10000\text{千米}=6.1°$$

在由"地心-阿克托别市-火箭"三点构成的直角三角形中，"地心-阿克托别市"之间的距离认为是地球半径(R)，"地心-火箭"之间的距离是R+h，则可知：

$$\cos\beta=R/(R+h),$$

$$h=R(1-\cos6.1°)/\cos6.1°\approx36\text{千米}$$

设火箭垂直向上运动的加速度为a：

$$h=at^2/2,\ t=(2h/a)^{1/2}$$

根据引擎从01:16:13到01:27:41，τ = 688秒的实际工作情况，以及在此期间火箭从0加速到大约8 km/s的第一宇宙速度（环绕地球的圆周速度），可以估算出加速度a。根据整个火箭在入轨过程中都保持加速度大小为一个常数，可得加速度的值为：

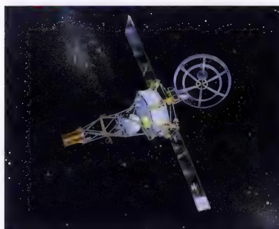
$$a=V_{\text{円}}/\tau\approx8000m/s/688s\approx11.6m/s^2$$

$$t=(2h/a)^{1/2}\approx(72000m/11.6m/s^2)^{1/2}\approx(6200s^2)^{1/2}\approx79s$$

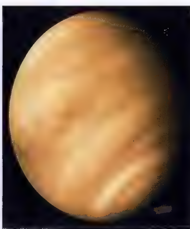
因此根据本题的题意和数据可得，在阿克托别市看到"Zenit"火箭引擎发出光的时间为阿克托别时间01:16:13 + 00:00:79 = 01:17:32。

5~6、同低年组。

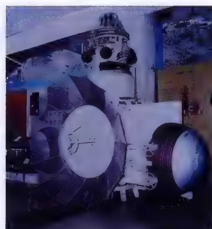
（责任编辑　李鉴）



美国在1962年发射的水手2号探测器，于同年从距金星3500千米处飞过时，首次测量了金星大气温度，拍摄到了金星的照片。



美国水手-10在1974年拍摄的金星照片



前苏联金星-2探测器

飞往金星的空间探测器

□司马杭仁

金星是太阳系八颗行星中距地球最近的一颗，所以人类对太阳系行星的探测首先是从金星开始的。至今，人类已向金星发射了32个空间探测器，其中22个成功，10个失败。加上各种路过的探测器总数已超过40个。

金星探测器一瞥

金星是人的肉眼能够看到的最为明亮的天体。在人类发射空间探测器的早期，曾发射过较多的金星空间探测器。但是，目前人类更青睐火星，而冷淡金星，这是为什么？这主要是由于金星总被浓厚的云层包围着，所以很难探测，即使发射空间探测器也极不容易看清它的真实面目。另外，金星与地球太不一样了，难以改造成为人类的新家园，这是因为其大气压是地球大气压的90倍左右。

不过，正是因为金星与众不同，因此人类还是想进一步探询它的奥秘。截止到现在，已发射的金星探测器主要有以下系列：

●苏联"金星"系列。从1961年2月12日到1983年6月7日，苏联共发射16个"金星"系列探测器，主要任务是探测金星和金星周围空间，其中金星-1～8较小，重量在643～1184千克之间；金星-9～16体积较大，重量为4363～5300千克之间。它们的用途也不一样，有2个"金星"探测器飞过金星，4个曾抵金星表面，另外10个在金星表面实现了软着陆。1970年8月17日发射的金星-7是首次在金星表面成功软着陆的探测器。在20多年的发展过程中，它们探测了金星大气的温度、密度和成份，考察了金星表面和岩层，拍摄了大量金星图像并发回地球，取得了许多重要的科学数据。

●美国"水手"系列。"水手"是美国航空航天局早期发射的行星和行星际探测器系列，其主要任务是探测金星和火星及其周围空间。自1962年7月22日～1973年11月3日共发射10个，其中3个飞向金星，2个成功；6个飞向火星，4个成功；另一个是对金星和水星进行双星观测，成为世界第一个双星观测器。

●美国"先驱者"（"金星"系列）。美国"先驱者"是世界上第一个行星和行星际探测器系列，自1958年10月12日～1978年8月8日共发射13个，这其中前4个未进入预期轨道，仅获部分成功。该探测器对人类深入了解宇宙奥秘具有开创性意义。"先驱者"探测器的主要任务是探测地-月空间以及金星、木星、土星等行星和行星际空间，系统观测月球环境、行星际空间辐射、磁场和太阳活动等。

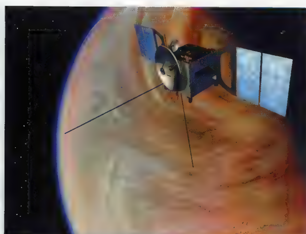
●美国"麦哲伦"探测器。1989年美国发射的"麦哲伦"金星探测器上有一套先进的合成孔径雷达和高度计，能透过厚实的云层测绘出金星表面上小如一个足球场的物体图像，其清晰度胜过此前所获金星图像的10倍，对金星地表拍摄了非常详细的地形照片。"麦哲伦"在金星轨道工作了4年2个月2天，共绕金星飞行了15018圈，对99%的地貌全景进行了测绘，发回的数据超过此前其他探测器发回数据的总和。麦哲伦"还对金星95%的地区进行了高分辨率的重力测量。该探测器在1994年10月结束了自己的金星之旅，根据地球控制中心的指令坠入金星稠密大气中。

●美国"伽利略"探测器，1989年发射的"伽利略"木星探测器在1990年2月飞越金星时顺路对金星进行遥感观测。

●欧洲"金星快车"探测器。2005年11月9日发射的"金星快车"探测器于2006年4月11日进入金星轨道，同年7月开始


美国"先驱者"("金星"系列),即先驱者-金星—1轨道器


美国用航天飞机发射"麦哲伦"金星探测器


与"火星快车"极为相似的欧洲"金星快车"探测器

用7种科学仪器对金星表面等进行测绘。这是欧洲首次发射金星探测器,也是第一个对金星大气和等离子环境进行全球研究的探测器,还是近年来人类对金星为数不多的一次"专访",它使欧洲成为世界第3个发射金星探测器的国家。该探测器目前正用所载的科学仪器执行观测任务,详细研究金星大气和云层,并且绘制金星全球表面温度图,这对于理解地球长期的气候演变进程将起到至关重要的作用。其任务持续时间是2个金星日。它创造了数个第一:例如,第一次实现在紫外到热红外的光谱范围对金星进行连续观测;第一次应用太阳/恒星掩星技术对金星进行研究;第一次在近红外透明窗口对低层大气的合成物进行全球监测;第一次用3D离子分析仪、高能分辨率电子分光仪和高能中性原子成像仪对金星进行探测等。

●日本"拂晓"探测器。2010年5月21日发射的"拂晓"探测器原定于2010年12月抵达金星赤道轨道,然后进行6项试验,对金星大气层和表面活动进行研究,并成为第一个行星间的气象卫星,但因故障没能进入金星轨道。

已取得的部分成果

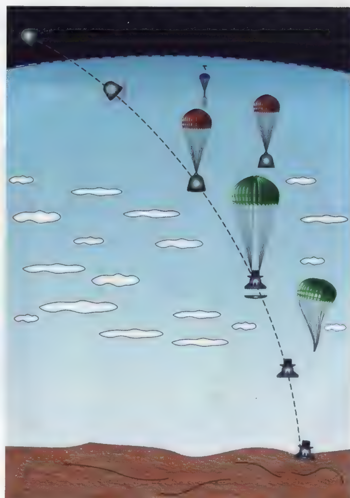
虽然金星地表附近的极端条件,使上述金星探测器中的大部分都无法将全部信息发送回地球,也不能在那里长期工作,但它们不仅对金星大气进行了化学分析,而且对金星部分地表进行了化学分析。

这些空间探测器获得了大量重要信息,推动了科学家们对金星的研究工作,使科学家们看到了金星的大体面目。例如:

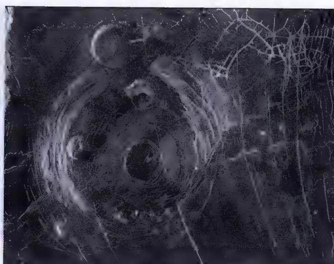
认识了金星的奇特大气。金星大气可分为上层、云层和下层三个层次。距表面100~500千米为上层稀薄大气,它在太阳风、宇宙射线等的作用下被电离而形成电离层。距表面50~100千米为浓密的云层,它主要由硫酸液滴组成,还有少量盐酸、氢氟酸和氟硫酸等。距表面50千米以下为下层,它除有二氧化碳和水蒸气外,还有氟和氢氟酸。

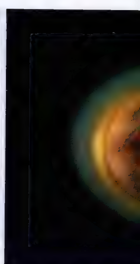
了解了金星的地质地貌。金星表面乱石纵横,面积的2/3是丘陵高地,1/4是洼地,1/10是山区,很像地球大陆。表面物质几乎全是硅、铝、铁、镁、钙、钛、钾、锰等的氧化物,表层下埋藏着钾、铀、钍等元素。它有过与地球规模相仿的海洋,但已全部被蒸发。由于高温和无水,金星上没有生命。

掌握了金星的温室效应。人们通常把透射阳光的密闭空间形成内部相对温度较高的环境称作温室效应,金星上浓密的大气层致使其表面空间出现了这种现象。金星表面温度极高,即使夜间也下降不多,成了太阳系中最热的行星。这是由表面压


金星-D降落到金星表面示意图


“麦哲伦”号1991年拍摄的金星图像

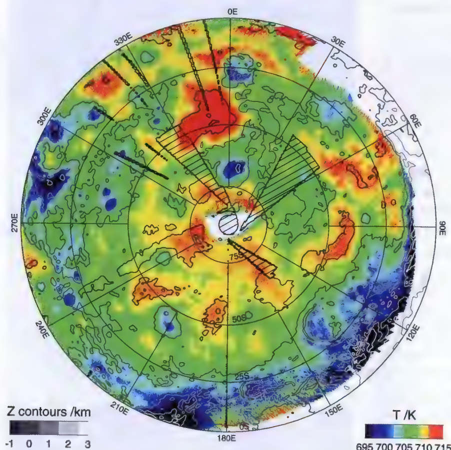

“麦哲伦”号拍摄的金星表面图像


金星没有磁场，所以无法防护连续不断的太阳风的侵袭（绘画）

力为90个大气压的以二氧化碳为主要成分的金星大气造成的，二氧化碳气体白天可使阳光通过，照到金星表面，晚间又阻隔金星表面红外线向外辐射，无法对外进行热交换，结果使金星成为一个大温室。

从构成上讲金星是和地球最接近的行星，但是金星的地质和大气和地球的差别很大，这是科学家急于想搞清楚的地方。金星的自转周期比公转还长，且是反方向逆转等奇特现象，是科学家很感兴趣的。有人说，金星是地球的过去，而火星是地球的未来，因而人类对这两颗行星的探测最多。

据英国《每日邮报》2012年1月24日报道，俄罗斯科学家卡萨弗马里蒂在对30年前苏联金星探测器拍摄的一系列照片进行分析后，声称已经发现了金星上的生命迹象。他说，这些照片显示有“蝎子形状”、“圆盘”和“黑色尾翼”的物体，而且很明显在动。



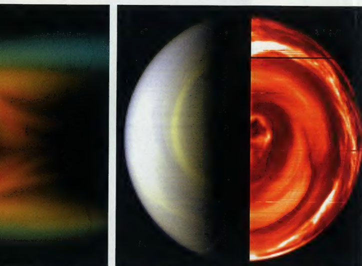
“金星快车”绘制的南半球新温度地图

“麦哲伦”的探测表明，金星上有时发生大的风暴，有过火山活动，表面温度高达280℃～540℃。它没有卫星，没有水滴，磁场强度很小，大气成分主要是二氧化碳，金星上不适于存活生命物质。1991年7月23日“麦哲伦”拍摄的雷达图像使人们发现金星曾发生大滑坡现象，滑坡长7.5千米宽2.9千米，这表明金星仍存在地质活动。另外，还从图像上发现1条6700千米长的沟道，这是目前在太阳系星球中发现的最长的地质断层。

目前，唯一在金星轨道运行的欧洲“金星快车”所拍摄的首批金星照片向人们展示了金星表面的详细结构和一些科学家们以前未曾预料到的细节。其首批发回的照片拍摄的是金星的南极地区，显示了金星南极被浓厚的硫磺酸云覆盖。它还发现金星可能有活火山，这意味着地球并非太阳系内唯一地质活跃的行星。据国外媒体2011年10月10日报道，“金星快车”发现金星上空也有臭氧层。在此之前只在地球和火星上发现了臭氧层，新发现将有助于天文学家检测并改进对其他星球的生命探索方案。

“拂晓”号与金星擦肩而过

2010年5月21日上天的日本“拂晓”号是目前世界上最新发射的金星探测器，也是日本首个金星探测器。它载有从红外到紫外6种



"金星快车"上的可见光-红外热成像仪分光计2006年4月12日拍摄的金星南极(右边为合成假彩色)

不同波长的5台相机,可连续地对金星进行长期观测,拍摄金星云层以下可视大气的立体运动图像,并安装了日本自主研发的世界首台陶瓷主发动机。其主要任务是对金星大气运动、雷电等进行观测,并利用这些成果加深对全球变暖等地球气候现象的研究。

"拂晓"号金星探测器原计划在2010年12月7日抵达金星,进入围绕金星运行的大椭圆轨道,以便从多个层次观察大气。不过,日本宇宙航空研究开发机构(JAXA)2010年12月8日宣布,"拂晓"在12月7日未能成功进入绕金星的轨道。它在进入预定轨道时,用于制动的主发动机本应持续进行12分钟左右的反向喷射,但由于燃料供应受阻,主发动机实际只喷射了2~3分钟,所以"拂晓"与金星擦肩而过,未能进入预定轨道。另外,技术人员没有在该探测器的通信、电源和数据处理等系统中发现异常,因此燃料供应系统故障导致的燃料供应不足和发动机异常可能是"拂晓"未能入轨的主要原因。该探测器项目组专家共推测出3个具体故障原因:燃料供应系统的管线因某种原因堵塞;燃料泄漏;输送燃料的不锈钢管线较细,在发动机喷射的冲击和振动下,管线发生弯曲。他们怀疑用于喷注氦的管路或阀门可能出了问题,并怀疑燃料供应不足引发的发动机工作问题可能导致了发动机的陶瓷喷管受损。技术人员将在地面用相同发动机进行喷射实验,进一步探寻故障原因。1998年,该机构发射的希望号火星探测器的主发动机阀门就曾出现异常情况。

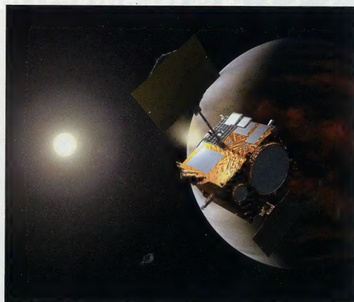
2010年12月16日,日本专家佐藤说,因"拂晓"号金星探测器入轨失败,日本很可能会降低其航天计划的大胆目标,日本在规划下一项行星探测任务时将不得不保守一些,以防再次失败。日本专家曾希望通过实施一次轨道修正,使"拂晓"能在约6年后回到金星附近,从而再次尝试入轨。"拂晓"上的剩余燃料足够第2次入轨之用。若燃料输送问题能解决,"拂晓"起死回生大有机会。日本隼鸟号小行星探测器也曾一度濒临报废边缘,但最终还是胜利回到了地球。佐藤指出,无论"拂晓"6年后能否重新入轨成功,此次入轨失败都给日本未来行星探测任务的规划带来很大影响。以火星探测为例,很多科学家都希望研制大型着陆器或漫游车。若此前的行星探测器都入轨成功,日本可能就发射一个大的。而现在可能只能制作一个轨道器和很小的着陆器或漫游车。日本还可能会考虑同美国和欧洲开展更多合作,以学习其成功经验。

日本宇宙航空研究开发机构2011年9月15日宣布,由于2011年9月7日和14日进行的"拂晓"号金星探测器主发动机喷射试验都没有获得足够推力,均只获得相当于设计水平1/8的推力,而且主发动机已完全破损,该探测器已无望进入适宜观测金星气象的预定轨道。但日本宇宙航空研究开发机构2011年9月28日称,尽管"拂晓"已无法进入预定轨道,但他们仍将试图借助探测器上的飞行姿态控制发动机,使"拂晓"进入环绕金星的较远轨道。

目前,世界航天大国正在制定新的金星探测计划。例如美国宇航局正在制定一项计划,准备用混合探测器探测金星。这种探测器由一个卫星和气球组成,它将能够应付金星环境恶劣的大气造成的各种独特问题。金星有二氧化碳组成的厚厚大气,环绕金星轨道飞行的探测器很难透过硫酸云雾得到清晰的表面图像。金星的大气也使该星球出现温室效应,所以金星表面温度很高,增加了在表面降落的困难。前苏联虽然在1985年成功地使用气球把探测器材降落火星表面,不过持续时间很短。气球只能随风飘扬,不能控制着陆点,而混合探测器是把气球和卫星相结合,气球由悬挂在卫星下面的舵掌握方向,它可象卫星一样漂浮数月来探测金星,但探测距离要近得多,并能投掷探测器到金星表面。

俄罗斯很早就提出要把一个超压塑料气球发射到金星表面60千米云层进行漂浮以获取更多信息的探测计划。在这一高度上的金星大气气压相当于地球海平面上的压力,气球可以浮空进行探测。日本也曾提出把一个金属气球发射到金星表面40千米气层中漂浮的计划,因为此一高度上的金星大气温度为300℃,气压为地球海平面压力的20倍,金属气球既不会烧毁,又能浮空,故可开展探测活动。

(责任编辑 李良)



日本"拂晓"号金星探测器与金星擦肩而过示意图









只有250万年，知道的星空奇迹寥寥无几。几百年前有了天文望远镜，人们对星空的了解翻开了新的一页，那时才真正看到遥远的星系、彩色的星云、球状的星团、超新星遗迹、星系之间的碰撞、看不见的黑洞以及太阳系以外的行星；几十年前，有了空间望远镜，人类有了更加敏锐的视力，可以看到100多亿光年之远的星空。人们发现，真实的星空世界远远超过最大胆的科幻小说家的想像。宇宙无奇不有，还有许多未解之谜有待探讨，等待你去发现。

人们的眼睛只能看到可见光波段，它仅占电磁波谱中很窄的一段，而宇宙天体的光辐射并不局限于可见光波段。我们采用的天文学家们提供的天文照片是无与伦比的，天文学家们把可见光波段、红外线波段、x射线波段、紫外线波段、γ射线波段等叠加起来，使我们看到全波段天体形象的"庐山真面目"。有了这本天文资料介绍，足不出户就能看到部分星空。其实"出户"走南闯北也只能看到几十颗亮星，在有的城市甚至连4等星、银河都看不见，因为空气污染、光污染阻挡了我们的视线。

通过天文照片和作者的叙述，你可亲眼看到恒星的形成，亲眼看到宇宙的演化，亲自了解星空奇迹的内涵。看完本书，星空奇迹将明确地展现在你的眼前，我们期待着每个读者的推荐、评议和选拔。现把太空最美丽的一部分天体形象介绍给你，使你产生灵感并得到启发，做一位关注天空的"天文学人"。

全书424页；定价：50元，挂号邮购价55元；

我应该买哪一款望远镜？我是否需要学习星座知识？我用计算机控制的望远镜能不能观察到天体？该如何用望远镜进行拍摄？

这些问题的答案以及其他成千上百的问题的答案都可以在第一版《天空的魔力》(《TheBackyard Astronomer's Guide》)中找到，这本书已经被称为现代天文爱好者的必备书籍与技巧参考书。现在，作者特伦斯·狄金森和艾伦·戴尔这两位全职天文学作家和交流者对此书进行了全面扩充与升级，更新了原书中大量的图片并且设定了人性化的标准，信息充实可靠。他们率直实用的方法使得本书成为最受读者喜欢的天文学图书之一。其之前版本的销售量已经突破了10万本。

《天空的魔力》一步步详细地介绍了如何用数码相机拍摄天极照片。完整地提供九级观察者的银河图集。提供了使用计算机化望远镜，清洁镜片和赤道装置极点校准等的小提示。书中有800多张照片和图片。提供了选择和使用双筒望远镜、天文望远镜的指南。介绍了关于观察地点与光线的条件。怎样观察月亮、行星、彗星、银河和其他深空天体。

这是你能买到的最佳的天空观测指南。

全书393页，精装；定价：88元，挂号邮购价：93元

哈勃F1000/114EQ牛顿反射天文望远镜

通光口径：114mm
焦距：1000mm (f/8.8)
寻星镜：6x30
伸缩式铝合金三脚架赤道仪
最高度：135mm
标准：1.25英寸附件
目镜：凯涅尔10mm 25mm
2倍巴洛夫镜，月亮镜，太阳镜
目镜端内设负透镜组(增加焦距)
售价：810元(含邮资)



哈勃F900/114EQ牛顿反射天文望远镜

通光口径：114mm
焦距：900mm (f/7.9)
寻星镜：6x30
伸缩式铝合金三脚架赤道仪
最高度：135mm
标准：1.25英寸附件
目镜：凯涅尔10mm 25mm
2倍巴洛夫镜，月亮镜，太阳镜
售价：710元(含邮资)

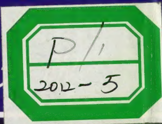


以上物品请通过邮局汇款，邮购地址：邮编100044，北京西城区西直门外大街138号《天文爱好者》杂志社收。
请务必写上您的可靠、有效通邮地址、邮编，将所购图书的详细信息填写在汇款单附言处，可致电51583320查询。



大观®

心无界·观



maxvision®

Messier Series



晶华光学荣誉出品

产品咨询电话:0871-4599779 邮箱:kmsu@maxvision.net.cn